

Faculdade de Engenharia da Universidade do  
Porto



**FEUP**

## O papel do VSM no Desenho de Sistemas de Produção Eficientes

André Filipe Maia da Silva Nabais

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. Américo Lopes de Azevedo

Co-orientador: Eng. António Correia Alves

20-09-2012



# Resumo

Atualmente, num contexto industrial, a procura pela perfeição, ou seja, a racionalização e otimização dos processos produtivos é o grande desafio de uma e qualquer empresa.

Num mundo onde a competitividade está cada vez mais acentuada a exigência do mercado pela diferenciação e inovação é de extrema importância. Assim sendo, o estudo e o desenvolvimento de aproximações e métodos que nos ajudem a resolver este paradigma é o objetivo central deste trabalho.

A abordagem *Lean* como filosofia oriental está em crescente evolução e revelou-se uma ferramenta, quase que imprescindível, para as empresas que querem triunfar devido a todas as funcionalidades que a integram e aos resultados que consegue implementar.

Este trabalho baseia-se nos pressupostos da Produção *Lean* e utiliza algumas das suas principais ferramentas de análise, sendo o *Value Stream Mapping*, considerado o mais importante no desenho do sistema de produção eficiente aqui dimensionado.

Esta abordagem permitiu o projeto de uma linha de montagem completamente nova assim como a resolução dos principais *bottleneck's* do processo de manufatura de uma empresa da área dos transportadores alimentares.

A sua implementação resultou na redução do *lead time* e o aumento do tempo em que se está a acrescentar valor ao produto concretizando assim uma grande mudança na organização e orientando as pessoas na direção da melhoria contínua e na definição de uma nova cultura fabril.

*"Whenever there is a product and a customer, there is a value stream. The challenge is seeing it." James Womack*



# Abstract

Now-a-days, in an industrial context, the rationalization and optimization of resources on the manufacturing process and the search for perfection are the biggest challenges to overcome in every single organization.

The current market is an extremely competitive world and the excellence canons are higher every day. As a result of this high standards and fast competitors, engineers, have to prove themselves and find new ways to innovate and differentiate.

That's why, the first aim of this assignment is to solve this paradigm using numerous techniques and developing methodologies.

The Lean approach, as an oriental philosophy, it is in increasing evolution and proved to be a necessary instrument, almost indispensable, for the enterprises that look to lead.

Due to its features, this method, allows their users to find and implement sustainable results.

This assignment is based on Lean Manufacturing production and uses some of its tools, giving relevance to the Value Stream Mapping, the most important, in the design of efficient production systems.

This approach allowed the creation of a new production line and the resolution of the principal's bottlenecks in the production process of a transport manufacturing organization.

The application of these measures allowed the reduction of the lead time and the increasing of the total value added time to the product. This was translated to an enormous change in the enterprise and made possible the implementation of a new work culture by guiding the employees into continuous improvement philosophy.

*"Whenever there is a product and a customer, there is a value stream. The challenge is seeing it." James Womack*



# Agradecimentos

A toda a minha família que sempre me apoiou.

A todos os meus amigos que sempre me ajudaram durante o meu percurso académico.

Ao Prof. Dr. Américo Lopes de Azevedo, orientador da dissertação, por todo o apoio prestado e pela partilha dos seus conhecimentos.

Ao Eng.º António Correia Alves, orientador do projeto, o meu apreço por todo o apoio concedido e oportunidade de concretização do mesmo.





# Índice

Resumo.....	iii
Abstract .....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras .....	xi
Lista de tabelas.....	xiv
Lista de equações .....	xv
Abreviaturas e Símbolos .....	xvi
Capítulo 1.....	1
Introdução.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.4 Metodologia .....	3
1.5 Limitações.....	5
1.6 Estrutura documento.....	5
Capítulo 2.....	7
Estado do Conhecimento .....	7
2.1 Produção Lean.....	7
2.2 Ferramentas Lean .....	9
2.3 Tipos de desperdício .....	15
2.4 Implementação de fluxo contínuo .....	16
2.5- Conceitos importantes.....	23
2.6 Manuseio de materiais .....	24
Capítulo 3.....	27
A ferramenta VSM.....	27
3.1 Mapeamento da cadeia de valor .....	27

3.2 Estrutura do mapa .....	29
3.3 Estado Atual e Estado Futuro.....	31
3.4 Suporte aplicativo .....	34
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>45</b>
Caso de estudo .....	45
4.1 Enquadramento .....	45
4.2 Objetivos .....	45
4.3 Metodologia.....	47
4.4 Família de produtos .....	48
4.5 Resultados VSM.....	51
4.5.1 Problemas .....	53
4.5.2 Pontos fortes.....	55
4.6 Análise.....	55
4.7 VSD .....	62
4.8 Estimativa do processo .....	65
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>67</b>
Conclusão .....	67
5.1 Principais conclusões .....	67
5.2 Perspectivas de trabalho futuro.....	68
<b>Referências .....</b>	<b>69</b>
ANEXO A.....	71
ANEXO B.....	72
ANEXO C.....	75
ANEXO D.....	76
ANEXO E .....	77
ANEXO F .....	78
ANEXO G.....	80
ANEXO H.....	81
ANEXO I.....	83

## Lista de figuras

Figura 1.1- Exemplo de um transportador alimentar.....	2
Figura 1.2-Representação do sistema de análise.....	3
Figura 1.3-Pesquisa Dedutiva e Indutiva.....	4
Figura 2.1-Cotas de mercado da indústria automóvel Toyota. ....	8
Figura 2.2- Representação Produção Lean. ....	8
Figura 2.3-Ferramentas Lean. ....	9
Figura 2.4-Ciclo PDCA. ....	12
Figura 2.5-Reabastecimento Cliente. ....	14
Figura 2.6- Sistema de reabastecimento. ....	14
Figura 2.7-Sistema de produção em lote VS Fluxo Contínuo. ....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Figura 2.8-Linhas de montagem. Método Tradicional vs Lean. ....	18
Figura 2.9-Sistema produção exemplo. ....	21
Figura 2.10-Pré-requisitos do balanceamento de linhas. ....	22
Figura 2.11-Balanceamento Tradicional VS Lean.....	23
Figura 3.1-Esquema representativo da cadeia de valor.....	28
Figura 3.2-Esquema de desenho de um VSM .....	29
Figura 3.3- Linha temporal. ....	30
Figura 3.4-Passos essenciais durante a criação de um VSM. ....	31
Figura 3.5-Representação Flying connector e Seta. ....	35
Figura 3.6-Barra com os objetos do Quick Mfg. ....	36

Figura 3.7-Conversão unidades. ....	37
Figura 3.8- Representação das setas de sequenciamento .....	38
Figura 3.9-Análise FMEA. ....	39
Figura 3.10-Exemplo CT/TT. ....	40
Figura 3.11-Exemplo gráfico Lead Time. ....	40
Figura 3.12-Exemplo gráfico VA/TT. ....	40
Figura 3.13-Exemplo gráfico Capacity/Demand. ....	41
Figura 3.14-Exemplo gráfico FMEA. ....	41
Figura 3.15-Formas de dados dos objetos. ....	41
Figura 3.16-Exemplo de uma linha temporal. ....	42
Figura 3.17.Barra de ferramentas do eVSM. ....	42
Figura 3.18-Relatório A3 em branco. ....	42
Figura 3.19-TAG= A020; Path=1. ....	42
Figura 3.20-Name and Unit Manager do eVSM. ....	44
Figura 4.1-Procedimento utilizado no Caso de Estudo. ....	46
Figura 4.2-Exemplo de representação em post-it do VSM. ....	47
Figura 4.3-Tipos de objetos VSM representados em post-it. ....	49
Figura 4.4-Cenário post-it na sala de análise. ....	50
Figura 4.5-Representação objetos eVSM. ....	50
Figura 4.6-Necessidade de aplicação 5S. ....	53
Figura 4.7- Stock produto acabado (Acionamento). ....	54
Figura 4.8-WIP. ....	54
Figura 4.9-Movimentação produtos. ....	54
Figura 4.10-Situação Atual e Situação Futura da linha de montagem final. ....	56
Figura 4.11-Balanceamento Montagem-Final VSM Est. Acionamento, Troços e Curvas. ....	58
Figura 4.12-Quinadora atual (esquerda) Quinadora futura (direita). ....	60
Figura 4.13- Ilustração aplicação técnicas 5S. ....	61
Figura 4.14-Planta das novas instalações. ....	62
Figura 4.15-Representação do fluxo de Material e Informação da nova fábrica. ....	63
Figura 4.16-Eschema dos VSD Est. Acionamentos, Troços e Curvas. ....	63

Figura 4.17-Funcionamento Supermercado. ....	64
Figura 4.18-Exemplo de um Kanban. ....	64
Figura 4.19- Exemplo de um Supermercado .....	65

## Lista de tabelas

Tabela 2.1-Exemplo matriz Produto VS Processo. ....	20
Tabela 4.1-Gama de produtos. ....	48
Tabela 4.2-Representação família de subprodutos transportador JPM023. ....	48
Tabela 4.3-Resumo informação recolhida nos VSM's (estado atual).....	52
Tabela 4.4-Lotes de produção e tempo de ciclo montagem final.....	56
Tabela 4.5-Cálculo da procura do cliente esperada (Diária).....	57
Tabela 4.6-Cálculo do takt time dos subprodutos. ....	57
Tabela 4.7-Tempo Ciclo- OP Montagem final Est. Acionamentos. ....	59
Tabela 4.8-Tempo Ciclo- OP Montagem final Troços. ....	59
Tabela 4.9-Tempo Ciclo- OP Montagem final Curvas. ....	59
Tabela 4.10-Ocupação operadores. ....	59
Tabela 4.11-Estimativa resultados VSD. ....	65

## Lista de equações

Equação 2.1-Cálculo do Nrº de operadores necessários numa linha de produção. ....	20
Equação 2.2-Cálculo do Takt Time. ....	21
Equação 2.3-Availability. ....	24
Equação 3.1-RPN. ....	39
Equação 4.1-Procura Cliente (Diária). ....	57
Equação 4.2- Takt Time. ....	57
Equação 4.3-Tempo necessário.....	60
Equação 4.4-Ocupação operadores. ....	60

# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
VSD	<i>Value Stream Design</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
INESC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.
TPS	<i>Toyota Production System</i>
AGV	<i>Automated guided vehicle</i>
MFG	<i>Manufacturing</i>
NVA	<i>Non value added</i>
VA	<i>Value added</i>
CT	<i>Cycle time</i>
TPM	<i>Total productive maintenance</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
MRP	<i>Materials Requirement Planning</i>
ERP	<i>Enterprise resource planning</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

## Lista de palavras Japonesas

Gemba	Chão de fábrica
Jidoka	Automação com toque humano ou “autonomação”
Heijunka	Nivelamento de produção
Kaizen	Mudança para melhor
Poka Yoke	“à prova de erro”



Muda	Qualquer atividade que consuma recursos sem criar valor para o cliente.
Mura	Falta de regularidade numa operação
Muri	Sobrecarga de equipamentos ou operadores



# Capítulo 1

## Introdução

O capítulo 1 permite realizar a introdução ao projeto e esclarecer o seu enquadramento, motivação e importância para os sistemas de produção de uma e qualquer empresa. Neste, serão também expostos os problemas encontrados, os objetivos, tal como a metodologia utilizada durante todo o processo.

### 1.1 Enquadramento

O projeto está inserido no âmbito da iniciativa Produtech. O Produtech é um polo de âmbito transversal que promove e dinamiza a cooperação entre empresas que produzem tecnologias para a produção nos principais setores industriais. Capaz de responder com soluções inovadoras, flexíveis, integradas e competitivas, o Produtech, fomenta atividades e projetos nas vertentes da cooperação, internacionalização e inovação.

Dentro desta iniciativa o estudo recaiu numa empresa de manufatura que concebe vários tipos de produtos personalizados na área dos transportadores alimentares. A figura 1.1 ilustra um pequeno exemplo dos mesmos.

A produção de uma empresa pode ser equacionada de inúmeras formas. A investigação que tem vindo a ser realizada ao longo dos anos levou, muitas vezes, a uma reestruturação da forma de pensar e de equacionar o próprio produto e os processos utilizados para o fazer.

O método de produção e de estruturação de uma empresa é um processo contínuo no tempo e não deve ser encarado como um obstáculo à produção propriamente dita.

A abordagem *Lean* nasceu no Japão, na fábrica de automóveis da Toyota, após a Segunda Guerra Mundial, sendo impulsionada na mesma, pelo seu fundador *Toyoda Sakichi*, o seu filho *Toyoda Kiichiro* e o principal engenheiro executivo *Taiichi Ohno* [14]. A diminuição dos níveis de produtividade associados à fase pós-guerra que o país atravessou foi a principal motivação para o nascimento desta filosofia.

Contudo nem sempre é fácil a sua aplicação pois, as técnicas *Lean* requerem uma interligação interna e contínua, para que, sejam autossustentáveis e promovam uma estabilidade operacional.

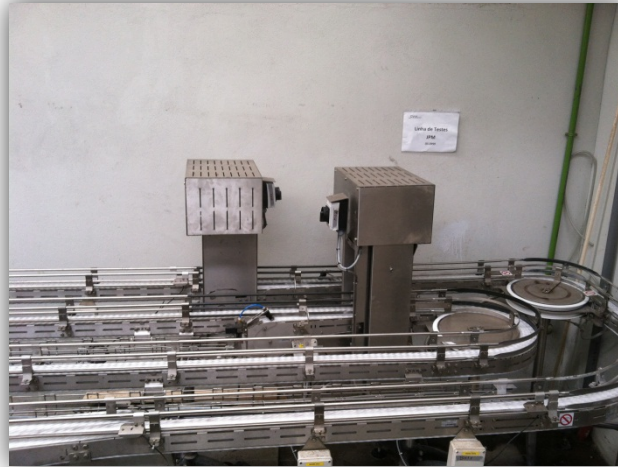


Figura 1.1- Exemplo de um transportador alimentar.

## 1.2 Problema

Este projeto, teve a duração de cinco meses e permitiu a resolução de muitos dos problemas encontrados na organização estudada.

A indústria dos transportadores alimentares tem algumas características muito próprias que tiveram grande impacto no desenvolvimento do trabalho e na obtenção dos resultados pretendidos.

A filosofia de produção utilizada por a maior parte das empresas tradicionais continua a ser errada e a escolha de ambientes de produção desadequados ao produto é uma barreira que tem de ser continuamente quebrada.

Por esse facto, foram vários os problemas encontrados durante a realização do trabalho. A existência de *bottlenecks* no processo, a inexistência de um fluxo contínuo, os grandes inventários e um *layout* incapaz foram os principais problemas encontrados.

## 1.3 Objetivos

O grande desafio deste projeto foi conseguir apoiar a reestruturação de uma empresa em instalações completamente novas aumentando a eficiência dos seus processos produtivos reduzindo, para isso, as fontes de desperdício posteriormente detetadas assim como os seus custos associados.

Para tal, foram utilizadas técnicas de *Value Stream Mapping* que permitiram o desenvolvimento e representação da situação *AS IS* que revela o estado atual da empresa e da situação *TO BE* que representa o estado que é pretendido alcançar. Além disso foram

utilizadas outras técnicas *Lean* auxiliares que permitiram responder aos problemas encontrados e anteriormente referidos. Foi por isso realizado:

- A concepção do seu VSM com o estado atual;
- Optimização do mesmo utilizando vários tipos de técnicas de análise *Lean*;
- Realização do seu VSD com o estado futuro.

Estão representados no documento todos os desenhos realizados no software eVSM, assim como, todas as análises realizadas no Excel que permitem justificar as soluções encontradas.

## 1.4 Metodologia

A metodologia utilizada está esquematicamente representada na figura 1.2.

O processo de análise pode ser dividido em:

1. Escolha da família de produtos a mapear;
2. Desenho do seu VSM com o estado atual;
3. Identificação dos problemas;
4. Sugestão de soluções;
5. Implementação das soluções no VSD com o estado futuro.

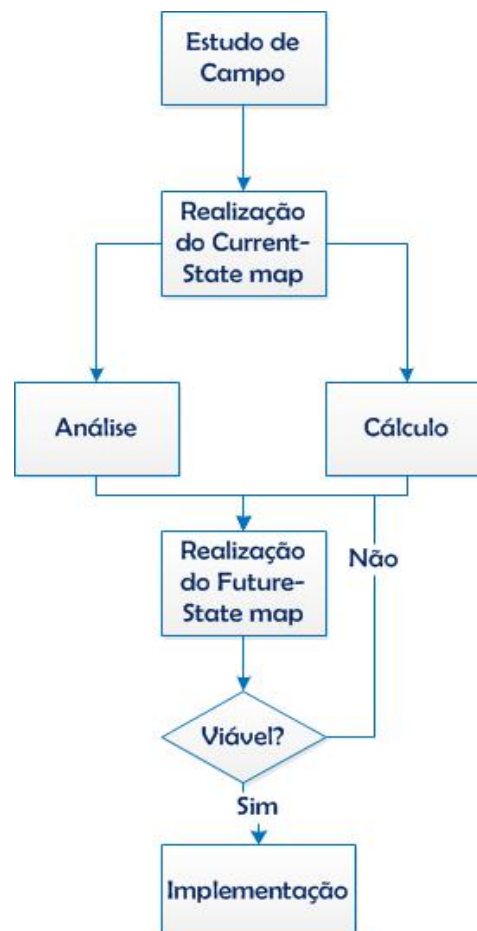


Figura 1.2-Representação do sistema de análise.

### 1.3.1 Tipos de pesquisa

O processo de pesquisa que foi utilizado no âmbito da tese apresentada pode ser dividido em dois tipos: pesquisa indutiva e dedutiva (figura 1.3).

A pesquisa indutiva baseia-se em observações simples que se transformam em teorias. Por outras palavras, é utilizada uma parte da informação que se generaliza. A ideia tem uma forma específica e através da criação de uma hipótese cria-se uma generalização.

A pesquisa dedutiva, por sua vez, é o contrário da pesquisa indutiva. A pesquisa dedutiva necessita obrigatoriamente de um conjunto de dados e informações, teorias, leis ou princípios e tenta chegar a uma conclusão a partir desses mesmos dados. O processo dedutivo transforma uma teoria generalizada em hipóteses específicas que podem depois ser testadas de modo a se poder verificar a sua viabilidade.

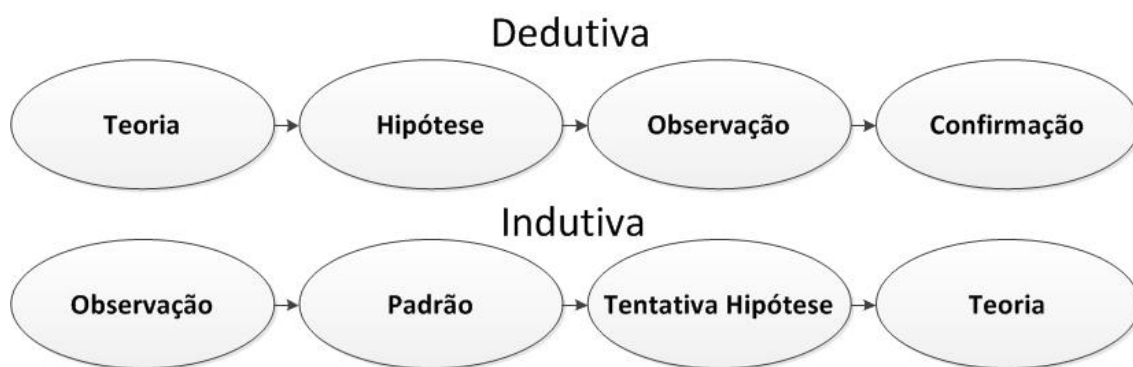


Figura 1.3-Pesquisa Dedutiva e Indutiva.

### 1.3.2 Recolha de dados

Foram encontradas quatro tipos de técnicas de recolha de dados:

1. Recolha através de documentos existentes. Livros, artigos, bases de dados criadas por outros.
2. Entrevistas, são um método de recolha de informação e são bastante úteis em alguns casos específicos. Através deste método o entrevistador tem a capacidade de melhor conhecer e perceber o assunto abordado de uma forma interativa.
3. A observação é também uma forma de recolha de dados. Permite obter comportamentos e características de objetos, pessoas ou fenómenos em tempo real.
4. Os questionários podem também ser documentos úteis neste processo de recolha de dados. Podem ser realizados oralmente ou por escrita.

Durante o trabalho as entrevistas e a observação foram os métodos mais utilizados para recolher informação primária e mais importante no processo.

As entrevistas realizadas a operários da manufatura da empresa assim como a responsáveis das várias áreas existentes conseguiram criar uma ideia bastante clara sobre

todo o método de fabrico permitindo descobrir muitos dos problemas existentes na empresa e criar uma imagem geral do seu funcionamento.

## 1.5 Limitações

Devido à disponibilidade de tempo limitada para realizar algumas operações na empresa o estudo apenas se focalizou numa determinada gama de produtos. Além disso, e, como ainda decorriam as obras de deslocalização da mesma, existem no documento soluções que ainda não foram implementadas nas novas instalações e temas que não puderam ser concluídos pelo mesmo motivo.

## 1.6 Estrutura documento

A dissertação é composta por cinco capítulos que apresentam ao leitor todo o trabalho realizado, consequência de um estudo aprofundado das referências bibliográficas, é também descrito o método e as ferramentas utilizadas em particular o *eVSM* assim como são expostos todos os resultados obtidos.

O primeiro capítulo serve como introdução do projeto realizado e permite compreender o enquadramento a metodologia utilizada assim como os objetivos do mesmo.

O segundo capítulo exhibe o estudo do estado do conhecimento e as conclusões tiradas do mesmo. Serve pois para contextualizar o trabalho e criar uma linha de raciocínio para a resolução dos problemas propostos no decorrer do documento.

O terceiro capítulo aborda o tema VSM e o software escolhido para o auxílio do estudo realizado. Uma vez que, a bibliografia encontrada sobre o assunto era quase inexistente foi elaborada uma pequena referência sobre o *software* utilizado que pretende ajudar todos aqueles que necessitem e queiram utilizar o *eVSM* de uma forma mais fácil e rápida.

O quarto capítulo fala sobre o caso de estudo utilizado. Introduce todos os seus pressupostos e requerimento. Além disso aborda os problemas detetados, do mesmo modo que, refere as soluções que se pretendem implementar nas novas instalações da empresa.

O quinto capítulo permite expor todas as conclusões tiradas e possíveis utilizações deste trabalho em projetos futuros.





# Capítulo 2

## Estado do Conhecimento

É de extrema importância a introdução de alguns dos princípios e pressupostos que foram utilizados na realização do presente trabalho. A referência aqui criada, fruto da revisão da literatura consultada servirá, assim, como auxílio na percepção de todos os tópicos abordados no seguimento deste documento.

Por isso, a Produção *Lean* e algumas das suas principais ferramentas, assim como os desperdícios associados e a introdução de fluxo contínuo em sistemas de produção eficientes, juntamente com tópicos importantes sobre o manuseio de materiais serão os temas abordados no presente capítulo.

### 2.1 Produção Lean

O termo *Lean* (magro - traduzido diretamente para português) personifica uma filosofia de origem oriental que tem como objetivo maximizar o valor que é entregue ao cliente diminuindo para isso as fontes de desperdício existentes [8]. Simplificando, *Lean* significa criar mais valor para o cliente utilizando, para isso, menos recursos [19]

O *Lean* foi introduzido por *James P. Womack*, *Daniel T. Jones* e *Daniel Roos* no início da década de 90 com o livro "*The Machine that Changed the World*". O livro baseia-se num estudo de 5 anos sobre o futuro da indústria automóvel onde se aborda o sistema de produção utilizado pela *Toyota Motor Company* nas suas fábricas, denominado *Toyota Production System* (TPS). A produção *Lean* é baseada no TPS [18].

A segunda guerra mundial teve consequências graves na indústria e na economia japonesa. A família *Toyoda*, que era produtora do sector têxtil decidiu criar a *Toyota Industries*, com o intuito de produzir automóveis. A *Toyota Industries* foi então fundada por *Kiichiro Toyoda* em 1937.

No entanto, encontraram inúmeros problemas comuns a toda a indústria japonesa, como é o exemplo da escassez de matérias-primas, o aumento de movimentos sindicalistas e o baixo capital de investimento. A competitividade das empresas ocidentais ficou severamente afetada o que limitou a indústria automóvel japonesa a mercados do seu próprio continente que eram de pequena dimensão e diversificados.

Na primavera de 1950 *Eiji Toyoda* visitou a fábrica da Ford em Detroit durante 3 meses na esperança de poder analisar o modelo de produção implementado.

*Eiji Toyoda* estudou cuidadosamente o modelo Ford que fabricava 7000 automóveis por dia enquanto que a *Toyota*, até 1950, havia fabricado apenas 2685.

Ao retornar ao Japão *Toyoda* juntamente com o engenheiro chefe *Taiichi Ohno* começaram a repensar a forma do seu sistema de produção e iniciaram um estudo que originou o *Toyota Production System* (TPS) cujo principal objectivo era a eliminação constante de desperdícios. A Produção *Lean* é uma evolução do *Toyota Production System* aplicado a qualquer tipo de indústria.

Com o novo método implementado na fábrica conseguiram resultados extraordinários na produtividade, qualidade e tempo de resposta que originaram um grande aumento da sua quota de mercado como ilustra a figura 2.1 [18].

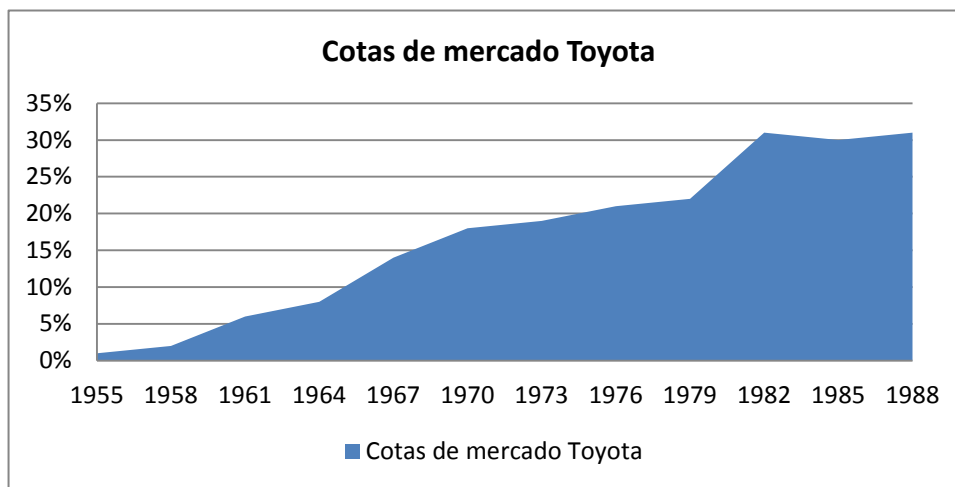


Figura 2.1-Cotas de mercado da indústria automóvel Toyota.

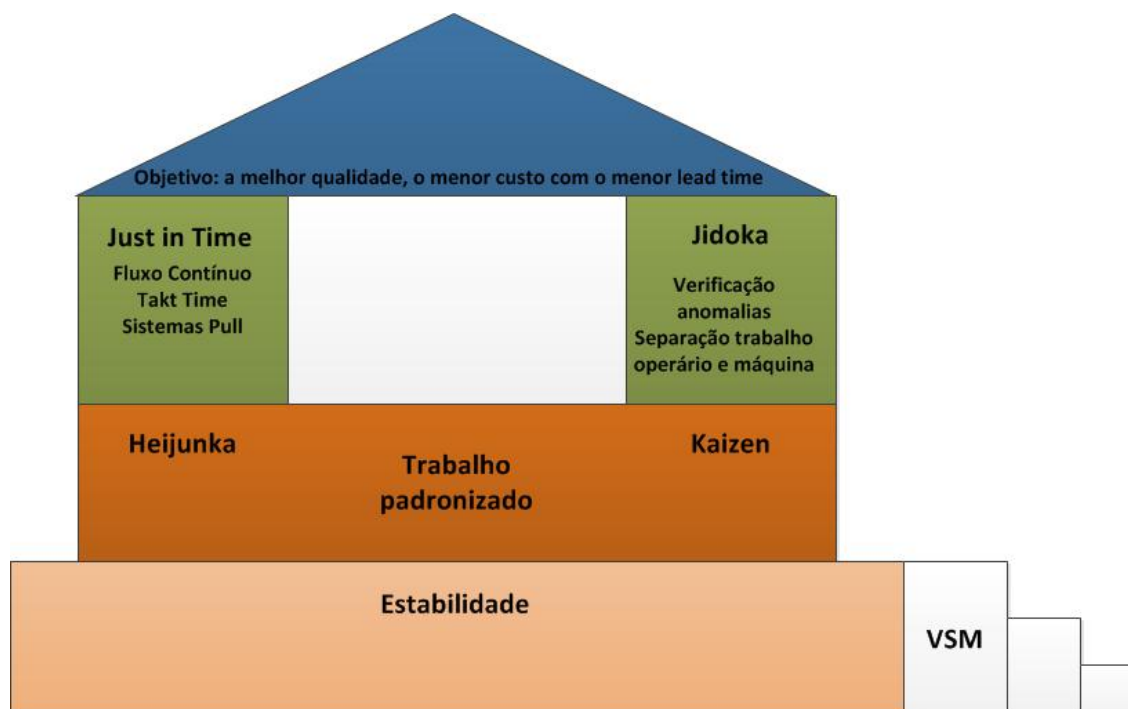


Figura 2.2- Representação Produção Lean.

A Produção *Lean* pode ser representada como uma casa (figura 2.2). As suas fundações representam a estabilidade. As suas bases são o *Heijunka* (nivelamento da produção), o trabalho padronizado e o *Kaizen* (melhoramento contínuo) [17].

Os seus pilares o *Just in Time* e o *Jidoka* que tem como função a verificação constante da qualidade, para que, quando exista um defeito, a sua deteção e respetiva correção seja imediata. Por fim o seu objetivo, representado pelo telhado, obter um produto com a melhor qualidade ao menor preço e com o menor *lead time* possível [17].

## 2.2 Ferramentas Lean

A produção *Lean* utiliza ferramentas que auxiliam o processo de melhoria de um produto ou processo numa organização como ilustra a figura 2.3. A utilização de muitas destas ferramentas é muito importante para que os resultados surjam de uma forma simples e eficaz [10].

Com o intuito de introduzir algumas destas ferramentas foi criada uma pequena referência sobre as mesmas.

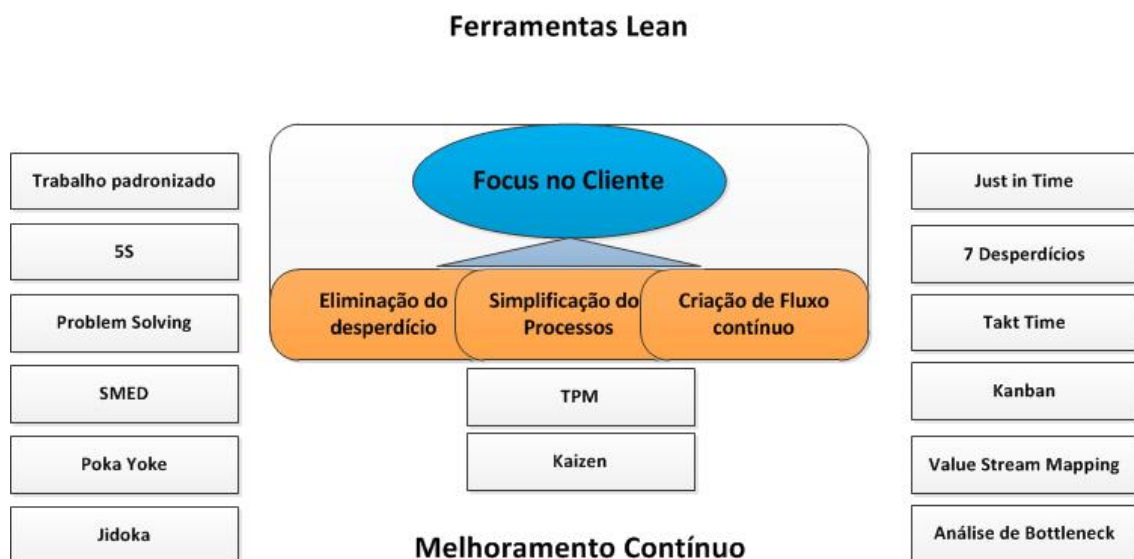


Figura 2.3-Ferramentas Lean.

### 2.2.1 5S

O 5S é uma ferramenta baseada num conjunto de 5 passos destinada a melhorar a área de trabalho e a produtividade através de técnicas de gestão visual e organização [9].

Os 5S são o significado das seguintes palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* que significam: Triar, Ordenar, Limpar, Normalizar, Disciplinar.

## 1º S- Seiri

*Seiri* significa triar, ou seja, retirar do local de trabalho os objetos inúteis. O objetivo é ter no local de trabalho apenas aquilo que precisamos [9]. Pode ser dividido em quatro atividades principais: Determinação da frequência de uso de cada item da área de trabalho; Marcar todos os itens que não são usados de forma considerada frequente; Remover do local todos os itens que não são essenciais, quer através de venda, doação ou até reciclagem e eliminar todas as fontes que possam gerar desordem e qualquer tipo de objeto que não seja necessário [22].

## 2º S- Seiton

Nesta fase devemos arrumar tudo aquilo que realmente é necessário, porem, não devemos arrumar de qualquer forma: Um lugar para tudo e tudo no seu lugar [9]. O critério “Frequência de Utilização” é a melhor maneira de o fazer. Os itens são dispostos no ambiente de trabalho pela sua frequência de uso. Devemos também identificar e etiquetar os objetos.

## 3º S- Seiso

Nesta fase devemos fazer uma boa limpeza à nossa área de trabalho [9].

A limpeza pode ser dividida em três partes [22]:

1. Assegurar o correto posicionamento de cada item;
2. Permitir não só identificar, mas também corrigir qualquer tipo de problema sistemático;
3. Identificar e corrigir problemas de limpeza, como ferramentas em local incorreto, deficiente organização de manuais e qualquer tipo de item de inventário incorretamente colocado.

## 4º S- Seiketsu

O foco desta fase é a criação de procedimentos ou regras, sistematização de normas, treino e manutenção [9].

É de extrema importância o envolvimento dos operadores na construção dessas regras padrão. Os operadores conhecem o processo e podem fornecer informações importantes sobre o mesmo. Após a elaboração destas regras padrão, todos os elementos que são abrangidos pelas mesmas devem saber precisamente quais as suas funções e a forma como as devem exercer [22].

## 5º S- Shitsuke

A última fase é a mais difícil de concretizar. A existência de uma autodisciplina é fulcral para o conseguir [9]. A implementação e a aceitação da metodologia 5S é algo que não é facilmente aceite por parte dos operadores. Por isso, torna-se frequente que a aplicação dos 5S seja de curta duração e que, infelizmente, volte tudo à estaca inicial porque é a forma a que os operadores estão, desde sempre, habituados a trabalhar e como se sentem mais confortáveis [22].

### 2.2.2 SMED

A ferramenta SMED é a mais popular e difundida para a redução dos tempos de *setup*. A sua sigla significa *Single Minute Exchange of Die* que, permite aos seus utilizadores atingir um tempo de *setup* abaixo dos dez minutos. Esta metodologia foi desenvolvida por *Shingeo Shingo*, ao longo de dezanove anos de trabalho como consultor [23].

### 2.2.3- Poka Yoke

De acordo com *Shingo* “ As causas dos defeitos residem em erros dos trabalhadores e os defeitos são a consequência de negligenciar esses erros. Os erros não resultarão em defeitos se forem eliminados atempadamente”.

A técnica *Poka-Yoke*, como a tradução sugere, “à prova de erro”, emerge com o intuito de eliminar os erros humanos no local de trabalho. De acordo com esta, através da repetição constante das mesmas tarefas, os operadores, ficarão resistentes a possíveis faltas de atenção. Sendo que, para isso, se deva desenvolver métodos capazes de prevenir o erro [23].

### 2.2.4- TPM

O *Total Productive Maintenance* (TPM) surge como resposta para a criação de um sistema produtivo sem falhas mecânicas e oscilações a nível técnico, possibilitando a manutenção de equipamentos, cada vez mais, independente de equipas especializadas [22].

Os operadores dos equipamentos quando deparados com uma avaria, por menor que fosse, receavam corrigi-la pois, qualquer ação negativa poderia agravar o processo. Assim, tornou-se quase que imperativo a utilização desta técnica em detrimento das tradicionais equipas que implicam, frequentemente, um aumento do tempo de espera. Este tipo de esperas possibilita a formação de vários tipos de desperdícios e impede o fluxo contínuo de produtos.

A introdução da manutenção autónoma proporciona, através do TPM, uma mudança na mentalidade dos operadores.

É, por isso, possível efetuarem manutenção nos seus equipamentos de forma simples e correta, sem o risco de ampliarem a dimensão das avarias.

Existe por isso, a necessidade de criação de um apoio documental com descrições simples e objectivas de todos os passos. Esta documentação, assim como a formação adequada dos funcionários, tornam-se essenciais e fornecem linhas orientadoras, claras e isentas de erro, rumo a uma correta manutenção.

O TPM é, atualmente, um dos métodos mais eficazes na obtenção de um sistema produtivo capaz numa organização, aumentando a eficiência operacional reduzindo o tempo de ciclo [22].

### 2.2.5 PDCA-Melhoria contínua

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), também conhecido como ciclo de *Shewhart* ou ciclo de *Deming*, é nos dias de hoje, uma das principais ferramentas utilizadas na busca da perfeição.

O norte-americano *Walter A. Shewhart* criou um modelo de controlo da produção, de atuação cíclica, no final da década de 30 do século XX. Mais tarde, em 1950, *W. Edwards Deming* leva este modelo, denominado ciclo de *Shewhart*, ao Japão. A sua inserção foi bem aceite no Japão e começou a ser empregado também em processos repetitivos de melhoria técnica, mantendo o seu carácter cíclico. Passado algum tempo, os japoneses definiram esse modelo em quatro etapas distintas, nascendo assim o PDCA, como é agora conhecido [23].

É um dos pilares do TPS e a sua função é a de reconhecer a causa dos problemas e procurar a solução que mais se adequa. É um instrumento de gestão que descreve a forma como as mudanças devem ser efectuadas e que é composta pelas seguintes fases:



Figura 2.4-Ciclo PDCA.

- Definir (*Plan*) - Definição de um alvo para a melhoria;
- Implementar (*Do*) - Implementação do que foi planeado na etapa anterior;
- Conferir (*Check*) - Conferir se a implementação conduziu à melhoria esperada;
- Actuar (*Act*) - Criação de um novo procedimento do problema original ou estabelecer novas metas para a melhoria.

### 2.2.6 Supermercado

O material armazenado dentro de uma fábrica é usualmente classificado como matéria-prima, componentes, WIP ou produto acabado e o seu processo de armazenagem pode ser dividido em dois tipos [24]:

- Armazenagem num armazém central: Caracterizado pela grande capacidade de armazenamento e movimentação de grandes lotes;
- Armazenagem em Supermercados: Caracterizados pela sua variedade de itens em género e quantidade ao longo da cadeia de valor e dimensão reduzida.

Idealmente, o conceito de armazém central seria eliminado se o abastecimento de material proveniente do fornecedor fosse frequente, e se o mesmo fosse recepcionado e imediatamente redirecionado para os supermercados de linha.

Esta visão quebra o paradigma da centralização de inventário, contudo, na generalidade das vezes é inexecutável. De todas as restrições pode-se destacar [24]:

- Entregas irregulares por parte do fornecedor: Força a existência de um *stock* de segurança para assegurar material para a produção;
- Controlo de qualidade: Devido a questões de qualidade, os produtos do fornecedor podem ter que passar por um controlo;
- Operações de *repacking*.

O conceito de supermercado emerge como um dos marcos para a exclusão de desperdício da cadeia de valor. Em oposição à movimentação de lotes, institui o conceito de fluxo unitário em função da necessidade.

A colocação de supermercados deve respeitar duas regras [24]:

- O *lead time* total a jusante do último supermercado deve ser menor do que o prazo de entrega ao cliente. Para podermos satisfazer a procura do Cliente;
- O supermercado deve estar situado o mais possível a montante. Isto porque permite possuir componentes com a menor mão-de-obra possível e que podem ser utilizados numa maior variedade de processos. Além disso, o custo associado a esses produtos é menor.

#### 2.2.6.1 Kanban

A necessidade de controlo e eliminação de inventário em excedente desponta a implementação de um sistema de reabastecimento por *Kanban*. Este sistema, teve origem no Japão e foi desenvolvido pela *Toyota* com o objetivo de melhorar o fluxo dos processos de produção. É um sistema bastante utilizado nas organizações, fruto da sua simplicidade que se traduz numa utilização intuitiva e numa elevada eficácia. Esta técnica possibilita a sua autorregulação e integra um sistema *Pull*<sup>1</sup>. Existem dois tipos diferenciados de funcionamento

---

<sup>1</sup> O Cliente retira apenas o que precisa.

no sistema *Kanban*. Um opera com um cartão único, o outro, por sua vez, necessita de dois *Kanbans*, um de produção (que autoriza a produção) e um outro de transporte (que é necessário na movimentação do material), tendo este último as mesmas informações que o primeiro. O *Kanban* é constituído por vários campos, como por exemplo: o produto, a quantidade, o nome do setor que o consome, assim como, o setor que o produz.

Neste circuito, quando um determinado componente é retirado do supermercado por um cliente (linha de produção ou cliente final, por exemplo), o *Kanban* que acompanha o componente é lançado para o processo a montante impondo uma ordem de reposição.

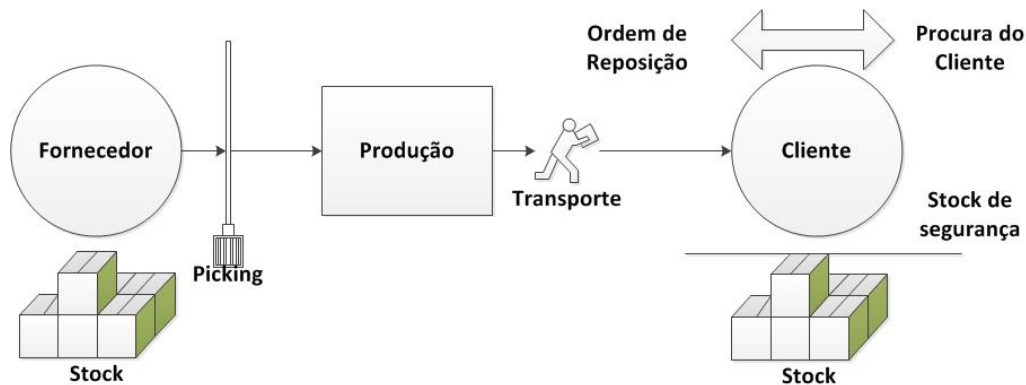


Figura 2.6- Sistema de reabastecimento.

O reabastecimento do Cliente utilizando o sistema *Kanban* está ilustrado na figura 2.6.

O Cliente retira a quantidade de material que necessita até atingir o nível de reposição. Depois é enviada uma ordem de reposição ao fornecedor que possui um *lead time* de processamento. Existe ainda o *lead time* da produção que é definido pelo tempo que a produção leva a ter o material finalizado para envio. Existe, por fim, um transporte para o Cliente (*lead time* de transporte) que também é contabilizado.

Define-se, desta forma, o *lead time* total de reabastecimento como sendo o tempo total que demora a reabastecer o supermercado do cliente por parte do fornecedor, a partir do momento em que o consumo ocorreu [24].

Este sistema denota diversas vantagens aquando da sua implementação:

- Uma rápida e simples circulação de informação entre os vários postos de trabalho, setores ou até organizações;
- Fácil interação entre quem produz e quem consome o especificado no cartão *Kanban*;
- Redução de tempos de reação;
- Eliminação de produção excessiva;
- Independência do controlo da produção, eliminando a necessidade da existência de um sistema de gestão centralizado;
- Redução de inventários;
- Redução do *Lead Time*.



## 2.3 Tipos de desperdício

Em todas as empresas existe desperdício. O desperdício é tudo o que é adicional ao mínimo necessário de recursos, podendo ser material, pessoal, tecnológico, etc para fabricar um produto ou prestar um serviço. Em suma, desperdícios são atividades que não acrescentam valor ao produto ou serviço.

### 2.3.1 Sobre produção

Produzir mais artigos do que os que são requeridos pelos clientes é sempre prejudicial e na maior parte das vezes afeta drasticamente os *stocks* e meios de transporte da empresa. Atualmente, existem muitas empresas que não se preocupam com este importantíssimo fator.

### 2.3.2 Transporte

O movimento desnecessário de peças de um lado para o outro resultado, muitas vezes, de *layouts* deficientes é um tipo de desperdício. Idealmente os materiais deveriam ser encaminhados de uma etapa para outra o mais rapidamente possível, sem interrupções e sem armazenamento intermédio, contudo, na maior parte das vezes o que acontece é precisamente o contrário.

### 2.3.3 Espera

A espera está associada a um tempo que é ocupado indevidamente. O tempo de espera pode ter várias causas, funcionários à espera de informação, avarias em máquinas, material necessário que ainda não chegou ao local pretendido, *setups*, etc. Como o tempo é um recurso limitado e não recuperável, sendo até usada muitas das vezes a expressão “tempo é dinheiro”, é um dos recursos que merece atenção por parte dos responsáveis de produção numa empresa.

### 2.3.4 Sobre processamento

O sobre processamento está associado a esforços desnecessários que não acrescentam valor ao produto final. Podem ter várias causas, como por exemplo, considerar um nível de qualidade superior ao necessário de um produto.

### 2.3.5 Inventário

O inventário é um dos desperdícios que é mais recorrente em ambiente de produção fabril. Os *stocks* desnecessários de matéria-prima utilizados para o processamento dos produtos, ou até mesmo, produtos finais em excesso podem ser considerados desperdício dependendo do tipo de produção utilizado pela empresa. Mais uma vez, a consequência de tal fator centra-se na utilização de espaço e de recursos indevidos.

### 2.3.6 Defeitos

É considerado desperdício todo o processo de retrabalho de produtos que tem como principal causa o não cumprimento do limite de qualidade associado ao produto. É fundamental que seja encontrada a causa que provocou o retrabalho do produto. Tudo tem um custo e o retrabalho não é exceção.

### 2.3.7 Movimento

O movimento está associado, muitas vezes, á deslocação de funcionários. Ou seja, qualquer movimentação que não acrescente valor ao produto ou serviço é considerada desperdício. Uma boa organização interna e um *layout* otimizado minimizam este tipo de desperdício.

### 2.3.8 Capacidades humanas

Este tipo de desperdício é dos mais difíceis de solucionar nos dias correntes. Consiste na não utilização de capacidades humanas, como por exemplo, a criatividade precisamente para tentar minimizar, ou até mesmo, eliminar os próprios “sete tipos de desperdícios”.

## 2.4 Implementação de fluxo contínuo

O fluxo contínuo é um conceito que significa, num cenário perfeito, que os itens são processados peça a peça num determinado tempo e são deslocados diretamente de um processo para o outro. Em cada processo é apenas processada uma peça de cada vez que será transportada para o processo seguinte somente quando se mostrar necessário [13].

Uma linha de produção é constituída por uma combinação de operadores, máquinas, materiais, e, até mesmo, métodos de trabalho. Existe, por isso, uma sequenciação de processos para cada tipo de produto. Dentro da linha os itens são processados em fluxo contínuo. Em alguns casos são transportados em pequenos lotes que permitem obter uma eficiência contínua do processo e alcançar o objetivo proposto para a linha.

O *layout* mais conhecido é o de forma em “U”. Porque é mais flexível na distribuição de trabalho pelos operadores da linha e permite menores distâncias de transporte dos itens envolvidos no processo. É claro que o fluxo contínuo pode ser obtido de muitas outras formas e *layouts*, como por exemplo, em linha reta.

A criação de fluxo contínuo através da eliminação dos desperdícios é o primeiro passo que uma e qualquer empresa deve tomar com o objetivo da implementação de técnicas *Lean*. É o principal objetivo da filosofia *Lean* pois, permite reduzir o *lead time* de produção melhorando a qualidade e diminuindo os tempos de entrega ao cliente.

Através da criação de um fluxo contínuo a empresa é obrigada á implementação de diversas técnicas *Lean* como por exemplo a manutenção preventiva ou LQS ( *Lean Quality System's*) . A criação de fluxo permite trazer ao de cima a ineficiência do processo e trás

consigo o bom senso e a urgência de resolver todos os problemas de uma forma obrigatória. Com isto foram detetadas algumas vantagens da implementação de fluxo contínuo:

- Minimização de recursos. O fluxo contínuo permite o mínimo dimensionamento possível de operários;
- Redução do *lead time* de produção. Melhora a resposta ao cliente com um menor custo de produção;
- A deteção de defeitos ou problemas é realizada com mais rapidez e eficácia;
- Melhora a comunicação entre os diferentes departamentos da empresa assim como dos operadores de manufatura o que resulta numa resposta rápida aos problemas.

### 2.4.1 Exemplo 1

O exemplo seguinte pretende ilustrar as vantagens da implementação de fluxo contínuo em detrimento da produção por lotes (figura 2.7).

Uma empresa de manufatura de computadores tem a sua produção por lotes organizada por 3 departamentos. O primeiro fabrica as bases o segundo produz monitores e monta-os nas suas bases e o terceiro realiza testes e inspeciona a qualidade de cada produto final.

O tamanho do lote em cada departamento é de 10 itens onde cada item demora um minuto a ser processado. Por isso mesmo, ao fim de 21 minutos sai o primeiro produto acabado e são ainda precisos mais 30 minutos para processar o lote inteiro para que este possa ser enviado para o cliente. Durante todo o processo são apenas utilizados 3 minutos para acrescentar valor ao produto.

Além do mais, se for encontrado um defeito no departamento que realiza o fabrico das bases demorar-se-ia pelo menos 21 minutos a encontra-lo e com o acréscimo do sistema ter já mais 20 computadores no processo que poderiam ter o mesmo problema.

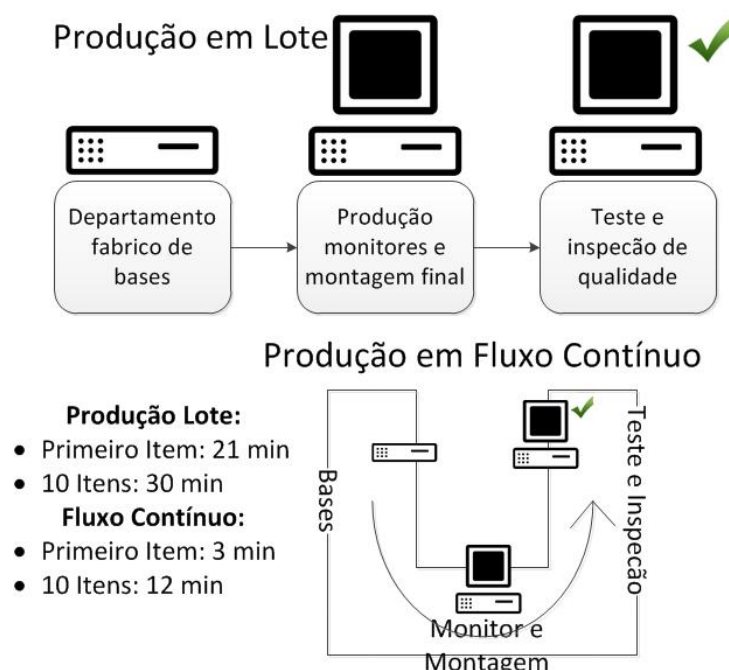


Figura 2.7-Sistema de produção em lote VS Fluxo Contínuo.

Contudo e com a implementação de um fluxo contínuo com lotes de 1 item colocando para isso todos os departamentos numa única linha de produção conseguimos produzir 10 computadores em apenas 12 minutos em que a primeira unidade está terminada em apenas 3 minutos, além disso, na produção em fluxo contínuo em apenas 3 minutos conseguíamos detectar pelo menos 2 computadores com defeito.

Porém, na realidade é bastante raro construir sistemas que movimentem peça a peça em fluxo contínuo porque não é um processo fácil, e, por vezes, não é de todo executável. O transporte peça a peça, assim como, a coordenação de fornecedores e operadores nesse sentido é um grande desafio. A ideia conceptual de ter um fluxo contínuo peça a peça fornece-nos, porém, um ponto de partida bastante interessante.

#### 2.4.2 Linha de produção.

Existem vários modelos e formas de produzir. No estudo realizado foi concluído que o modelo "Misto" é a aproximação mais utilizada em sistemas JIT como é o exemplo da *Toyota Motor Company*. O objetivo é conseguir respeitar a procura do cliente para uma grande variedade de produtos evitando a criação de grandes inventários e promovendo o fluxo contínuo. O modelo "Misto" é indicado para balanceamentos que envolvam a produção de vários tipos de produtos no mesmo dia ou semana e na mesma linha de produção de uma forma cíclica.

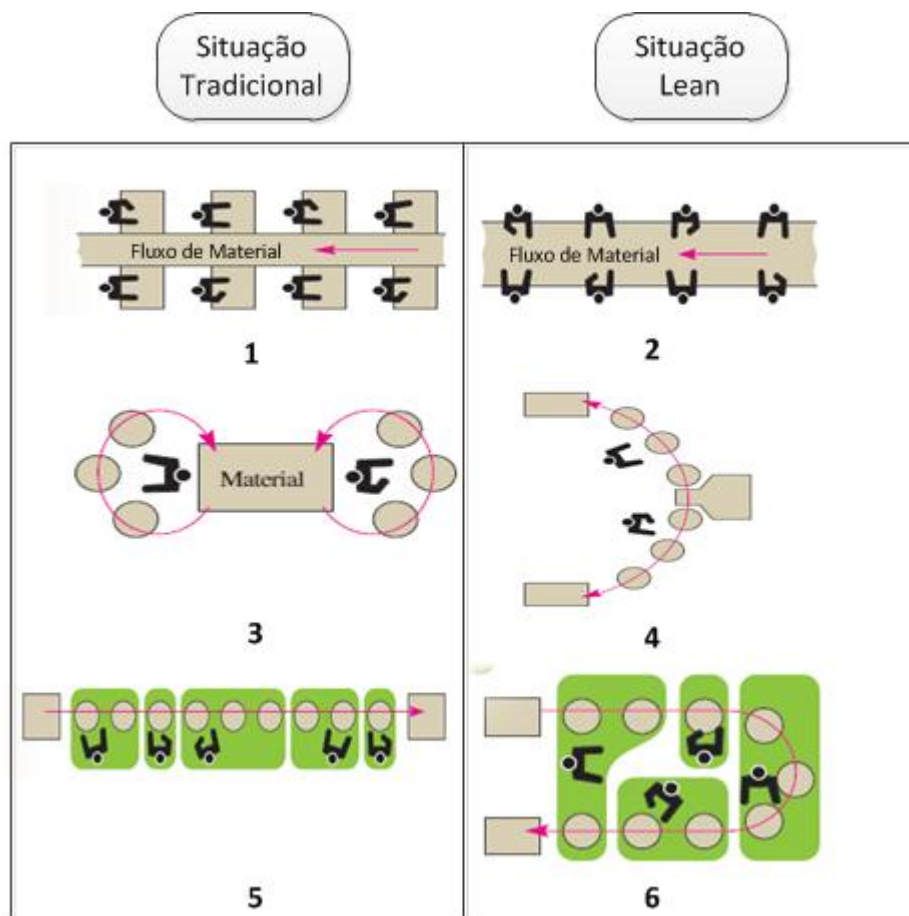


Figura 2.8-Linhas de montagem. Método Tradicional vs Lean.

A figura 2.8 representa um conjunto de metodologias e configurações de linhas de montagem. Existem várias diferenças entre o modelo tradicional e o *Lean* [21].

1. Operadores em “jaula”- Não existe possibilidade de troca de materiais entre os operadores. Configuração usualmente utilizada em fábricas norte americanas;
2. Solução para a configuração 1. Existe possibilidade de troca de material entre os operadores;
3. Operadores em “jaula de ave”- Não existe possibilidade de aumentar a produção com a adição de um terceiro operador;
4. Solução para configuração 3. Os operadores podem ajudar-se mutuamente. Existe a possibilidade de adição de um terceiro operador;
5. Linha de produção “I”. É um tipo de linha menos flexível porque não permite que o mesmo operador execute duas tarefas em dois pontos da linha.
6. Solução para configuração 5. Configuração em “U”. Flexibilidade dos operadores. É a configuração que permite utilizar o mínimo de operadores necessários ao processo.

### 2.4.3 Criação de fluxo

Os passos necessários à criação de fluxo contínuo são: [20]

1. Seleção de uma família de produtos e desenho do seu VSM;
2. Identificação dos elementos que contribuem para o fabrico do produto escolhido;
3. Medição e configuração das máquinas dos materiais e do *layout* utilizado;
4. Distribuição do trabalho pelos operadores;
5. Reintrodução do cliente e regulação do fluxo;
6. Implementação, manutenção e melhoramento do processo.

Durante a realização deste trabalho apenas foram seguidos os quatro primeiros passos por questões temporais e organizacionais.

#### 2.4.3.1 Seleção de uma família de produtos e desenho do seu VSM

Antes de identificar uma família de produtos é necessário compreender os objetivos da empresa, da mesma forma que, dos seus clientes. Uma família de produtos é um conjunto de produtos que usufrui de uma sequência de processamento semelhante no *gemba*. Normalmente o desenho de um VSM contempla apenas uma família de produtos pois, caso contrário, o mapa seria bastante confuso e complexo de analisar.

O desenho de uma matriz de produto-processo é uma forma simples de identificar as famílias de produtos como exemplifica a tabela 2.1.

Tabela 2.1-Exemplo matriz Produto VS Processo.

		Etapas de montagem & Equipamentos				
		1	2	3	4	5
Produtos	A	X	X	X		X
	B	X	X			X
	C	X	X	X	X	X
	D		X	X		X
	E		X	X	X	X
	F	X		X	X	X

Família de Produtos

#### 2.4.3.2 Identificação dos elementos que contribuem para o fabrico do produto escolhido

Permite distinguir o que realmente adiciona valor ao produto do que é apenas desperdício no processo.

Aquando do reconhecimento destes elementos é bastante importante não confundir esta informação com tipos de desperdício como, por exemplo, tempos de espera ou de *setup*.

#### 2.4.3.3 Medição e configuração das máquinas, dos materiais e do *layout* utilizado

Quando uma linha de produção é dimensionada é necessário que os tempos de ciclo de cada máquina tenham uma margem de segurança de 20% em relação ao *takt time* calculado de modo a ser possível satisfazer as necessidades do cliente.

Se por ventura foi detetado um *bottleneck* numa máquina do processo existem algumas formas de solucionar:

- Melhorar o desempenho da máquina de modo a reduzir o seu tempo de ciclo ou até mesmo adicionar mais máquinas do mesmo tipo;
- Adicionar uma nova linha de produção;
- Diminuir o número de produtos da família seleccionada;
- Utilizar sistemas *pull* com *Kanban*.

No dimensionamento de estações de trabalho devemos sempre pensar que o produto é apenas realizado por uma pessoa ao longo da cadeia de valor. Se, optarmos por este modo de raciocínio é possível evitar atividades isoladas, minimizar os inventários e eliminar também as fontes de desperdício existentes de uma forma mais rápida e eficaz.

#### 2.4.3.4 Distribuição do trabalho pelos operadores

O número de operadores necessários por linha de produção é determinado da seguinte forma:

Equação 2.1-Cálculo do Nrº de operadores necessários numa linha de produção.

$$N.^{\circ} \text{ de operadores necessários} = \frac{\text{Tempo total disponível por todos os operadores}}{\text{Takt time}}$$

Se o resultado não for inteiro é somado 1 ao algarismo da parte inteira do número. i.e  
Nrº Op.=2,3 Então Nrº de operadores necessários = 2 + 1 = 3.

#### 2.4.3.4.1 Takt time

O *takt time* é um conceito fundamental que deve ser devidamente entendido no âmbito da utilização de técnicas *Lean*.

O *takt time* é a taxa a que o cliente compra o produto e, por isso mesmo, dá uma informação essencial para quem está a analisar um sistema de produção. Esta taxa é calculada dividindo o tempo de produção disponível pela procura do cliente num dado período de tempo. É por isso usado para sincronizar o ritmo de produção com o das encomendas, é a "pulsação" de qualquer sistema *Lean* [26]. O *takt time* deve ser tido em consideração durante o dimensionamento de toda a cadeia de valor.

**Equação 2.2-Cálculo do Takt Time.**

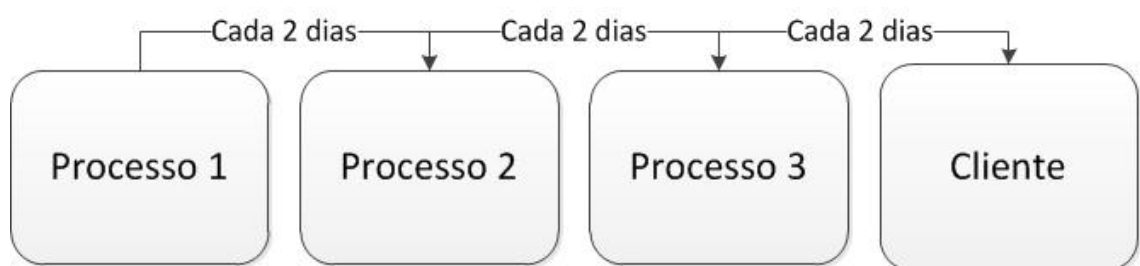
$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ produção}{Procura\ do\ cliente}$$

#### Exemplo 2

- Procura Cliente: 10 unidades/mês
- Tempo disponível de produção= 20 dias

$$Takt\ time = \frac{20}{10} = 2$$

Ou seja, de 2 em 2 dias terá de sair da produção 1 unidade como é ilustra a figura 2.9.



**Figura 2.9-Sistema produção exemplo.**

#### 2.4.3.4.2 Balanceamento

O balanceamento de linhas de produção é uma metodologia bastante importante que permite obter resultados muito bons reduzindo a força de trabalho e os custos associados.

Esta metodologia permite:

- Optimizar as estações de trabalho existentes;
- Minimizar o tempo de ciclo;

- Maximizar o nível de trabalho;
- Maximizar a cooperação.

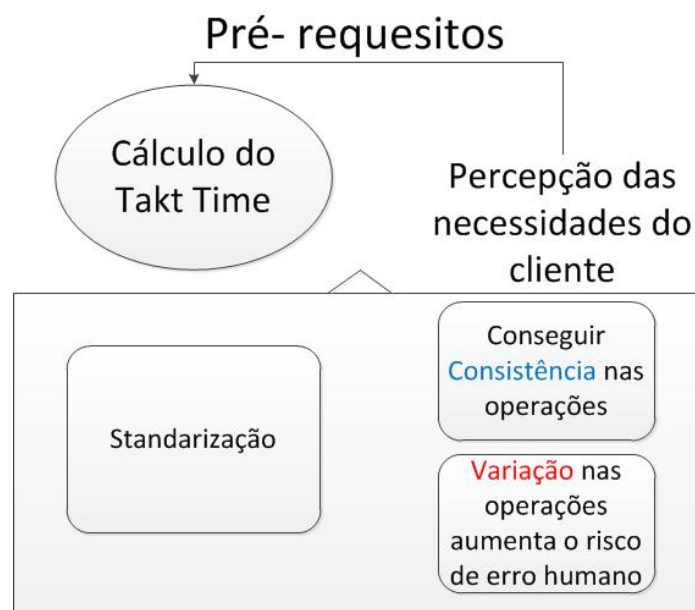
O balanceamento de linhas possui pré-requisitos. É requerido que seja efetuado antecipadamente o cálculo do *takt time* do sistema, assim como, a standardização das operações (figura 2.10). Estes dois passos possuem algumas vantagens:

**Takt time:**

- Facilita a gestão dos processos;
- A saída de cada processo satisfaz a procura do cliente.

**Standardização das operações:**

- Processos fiáveis;
- Controlo dos processos;
- Melhora o planeamento;
- Facilita o melhoramento contínuo;
- Reduz custos;
- Melhora a qualidade dos produtos.



**Figura 2.10-Pré-requisitos do balanceamento de linhas.**

Existem duas formas de distribuir a carga de trabalho pelos operadores. O método tradicional e o método *Lean* (figura 2.11). A distribuição de carga de trabalho pelos operadores pelo método tradicional deve ser feita atribuindo a mesma carga a todos os operadores sem nunca estarem a trabalhar a 100% da carga total disponível. Este tipo de balanceamento tende a criar desperdício no que toca ao tempo de espera dentro da linha de produção, ou seja, os operadores estão balanceados mas não são utilizados na sua totalidade de tempo.



Todavia, a filosofia *Lean* defende que os operadores devem trabalhar a 100% da sua carga de trabalho perto da linha de *takt time* com a exceção do último operador que controla o processo.

#### Exemplo 3

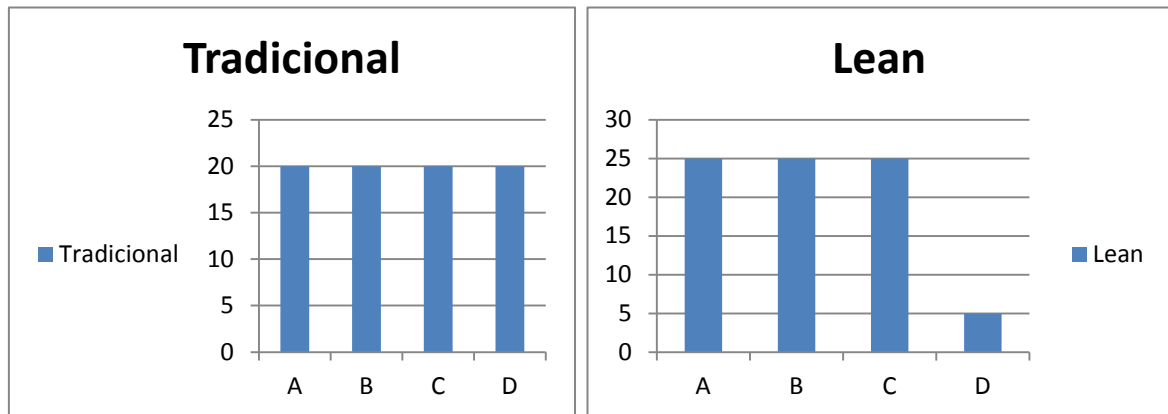


Figura 2.11-Balanceamento Tradicional VS Lean.

Desta forma, cada operador executa uma porção do trabalho total necessário para concluir o produto. Normalmente neste tipo de alocação a forma mais eficiente é atribuir ao mesmo operador o primeiro e o último passo de trabalho no produto. Este método permite executar várias combinações que facilitam incrivelmente a adaptação a novas situações na parte da montagem.

## 2.5- Conceitos importantes

A apresentação de alguns conceitos importantes que serão utilizados no decorrer do documento através da filosofia Lean é bastante importante para que seja possível a compreensão de todo o processo.

### 2.5.1 Lead Time

O lead time é o tempo desde o momento em que a encomenda é realizada pelo cliente até ao momento em que o mesmo a recebe. Existem outras definições e, por vezes, também pode ser descrito como o tempo que uma peça demora a percorrer o chão-de-fábrica desde a entrada como matéria-prima até ser expedida como produto final [13].

### 2.5.2 Sistema Pull

Num sistema *pull* nenhum processo a montante deve operar até que o processo a jusante necessite; ao contrário de um sistema *push* em que os processos empurram a sua produção para os processos a jusante e assim criam o desperdício de excesso de produção, num sistema *pull* um posto de trabalho apenas produz quando tem permissão para tal; desta forma, apenas é produzido o que é necessário [13].

### 2.5.3 Cycle time (CT)

É o tempo, em média, desde o momento que uma peça passa para outro processo até que a próxima faça o mesmo. É talvez o dado mais importante num mapa VSM.

### 2.5.4 Disponibilidade

A disponibilidade (availability) é um dado bastante importante e tem como objetivo mostrar onde é que o equipamento é partilhado e que impacto é que esta partilha tem na performance de um VSM.

Por exemplo: se uma máquina é partilhada entre 3 produtos separadamente e um dos produtos tem a máquina disponível apenas 5 horas por semana. Se em cada dia estão disponíveis 8 horas de trabalho então a disponibilidade do equipamento é 12,5%.

**Equação 2.3-Availability.**

$$Availability = \frac{5}{8 \times 3} \times 100 = 12,5\%$$

O desafio é, tendo em conta, os horários, a expedição e a gestão, determinar qual é a melhor forma de utilizar essas 5 horas, para que, existam sempre peças disponíveis para o próximo passo da cadeia de valor.

## 2.6 Manuseio de materiais

O manuseamento de material é responsável por uma grande percentagem de tempo em que não se está a acrescentar valor ao produto. Por essa razão serão de seguida abordados alguns tipos de manuseio de material que permitirão elucidar o leitor sobre este tema.

O manuseio de material envolve uma combinação de operações, mais objetivamente, movimentos, armazenamento, proteção e controlo do material. Numa típica indústria de manufatura o manuseamento de material significa cerca de 25% do tempo de trabalho dos funcionários, 55% da fábrica, 87% do tempo de produção e tem um custo de 15% a 70% dos custos totais numa empresa.

O ideal seria fazê-lo com a quantidade certa, o material correto nas condições perfeitas no lugar, posição, sequência certa pelo preço justo utilizando o método correto. Existem 10 princípios que nos ajudaram a alcançar esse objetivo.

### 2.6.1 Planeamento

O planeamento define essencialmente quais os materiais, para onde e como são transportados.

O planeamento deve ser desenvolvido através de uma discussão entre as pessoas responsáveis e as envolvidas no processo.

Um bom planeamento normalmente requer o trabalho de uma equipa constituída por elementos dos vários departamentos de uma empresa desde engenheiros, operacionais do terreno, departamento de informática, departamento financeiro, consultores e fornecedores.

Um planeamento do manuseio dos materiais reflete a estratégia da empresa a longo prazo e as suas necessidades a curto prazo.

### 2.6.2 Standardização

Standardização significa diminuição da variedade das formas de manuseamento do material e equipamentos.

Por exemplo, este princípio pode ser aplicado ao tamanho das caixas de transporte, unidades de carga, ou, até mesmo, aos processos utilizados. O método e o equipamento utilizado devem permitir efetuar o manuseamento em vários tipos de condições aumentando a flexibilidade e a modularidade do processo.

### 2.6.3 Trabalho

A carga de trabalho deve ser minimizada ao máximo de modo a permitir um elevado nível de produtividade e qualidade no produto ou serviço.

Alguns princípios importantes que são de grande utilidade para o cumprimento e a otimização da carga de trabalho neste contexto:

- ✓ Redução do trabalho por simplificação dos processos reduzindo, combinando ou eliminando movimentos desnecessários;
- ✓ Utilização do método *pick-and-drop*;
- ✓ Utilização de métodos de sequenciação dos processos ou operações. O *layout* é importantíssimo para que se consiga cumprir com este princípio;
- ✓ Utilização da gravidade quando possível para a movimentação de material nunca esquecendo a segurança e o possível dano causado no produto;
- ✓ Diminuição das distâncias de transporte.

### 2.6.4 Ergonomia

As capacidades humanas, da mesma forma que as suas limitações devem ser tidas em conta no desenvolvimento das tarefas de manuseio de material e equipamento de modo a assegurar a sua eficiência e segurança. O princípio aplica-se para tarefas mentais ou físicas.

A ergonomia é a ciência que procura adaptar as condições de trabalho às características do trabalhador.

O equipamento utilizado deve permitir diminuir o trabalho manual e deve ser intuitivo para o operador. A segurança nunca deve ser posta de parte.

### 2.6.5 Unidade de carga

Uma unidade de carga é uma unidade que pode ser transportada de uma só vez entre dois pontos. As unidades de carga devem ser dimensionadas para o tamanho correto para permitir o fluxo de material e inventário da melhor forma possível em todos os pontos do *gemba*.

O esforço de trabalho requerido será obviamente menor se transformarmos um transporte que seria executado individualmente num transporte coletivo dentro de uma unidade de carga. Como consequência o WIP sofre também uma diminuição. Unidades de

carga pequenas permitem estratégias de produção contínua com fluxo, flexibilidade e entregas *just-in-time*. A customização da unidade de carga é variável e vem de encontro com a estratégia da empresa.

#### **2.6.6 Espaço**

O espaço disponível sobre as três dimensões existentes deve ser utilizado com eficiência.

Este princípio sugere a eliminação de espaços desorganizados e desnecessários que bloqueiam as operações e o bom funcionamento da fábrica.

No local onde é efetuado o armazenamento a densidade do material deve ser balanceada de modo a não comprometer a acessibilidade e a seletividade.

#### **2.6.7 Sistema**

Todos os movimentos de material, tal como, as operações de armazenamento devem ser considerados e organizados como uma entidade entreligada.

As atividades de manuseamento de material, como é exemplo, a receção, inspeção, armazenamento, produção, montagem, embalagem, seleção, envio, devoluções devem pertencer a um sistema integrado e coordenado. As entidades da cadeia de abastecimento, clientes, fornecedores, produtores e distribuidores estão todos incluídos neste sistema.

Toda a cadeia de abastecimento pode e deve beneficiar com a utilização de um sistema integrado que permite gerir o nível de inventário de fluxo de material e informação e, até mesmo, a realização de uma estimativa da procura dos clientes.

#### **2.6.8 Automação**

A automação deveria ser implementada no sistema de manuseamento de materiais em qualquer empresa de modo a permitir uma grande eficiência, fiabilidade, tempo de resposta, consistência e predictabilidade no sistema.

Atualmente, a implementação de um sistema informático que permita integrar todos os subsistemas e representar dados sobre o fluxo de materiais e informação é de extrema importância.

#### **2.6.9 Ambiente**

A seleção de equipamento ou métodos de manuseamento de material deve ter em conta o impacto ambiental, do mesmo modo que, o seu consumo de energia.

É sugerido o uso de materiais reciclados ou reutilizáveis.

#### **2.6.10 Custo do tempo de vida**

Deve ser realizada uma análise económica tendo em conta o tempo de vida de todo o equipamento utilizado no manuseamento de material.

Os custos do tempo de vida incluem o capital investido, instalação, *setup* e programação do equipamento, treino, testes do sistema, manutenção e reparações.

## Capítulo 3

### A ferramenta VSM

*None so blind as those that will not see. Matthew Henry*

O capítulo 3 permite apresentar a ferramenta VSM assim como o *software* de desenho e apoio utilizado. Com isso pretende-se introduzir o leitor nas características do VSM e sustentar a escolha desta ferramenta de análise de fluxo de valor do produto.

#### 3.1 Mapeamento da cadeia de valor

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta *Lean* que nos ajuda a compreender melhor o fluxo de materiais e informação desde a entrada da matéria-prima até à saída do produto final. Conseguimos, por isso, analisar o percurso de um determinado tipo de produto na sua cadeia de valor e ficar com uma perspetiva do todo e não apenas das partes.

O VSM nasceu na *Toyota* e era conhecido como “mapeamento do fluxo de materiais e informação” [1]. Foi utilizado pelo TPS na implementação de sistemas *Lean* com o objetivo de criar fluxo, eliminar desperdício e adicionar valor ao produto [1].

Em 1998 *Mike Rother* e *John Shook* introduziram o conceito de Mapeamento da Cadeia de Valor, como meio necessário, para alcançar o melhoramento contínuo, no seu livro “*Learning to See*” [1]. Depois da publicação deste livro, surgiram ainda outros, que apresentavam variações, novas ideias que podiam ser acrescentadas ao conceito inicial.

A filosofia *Lean* despoletou uma nova forma de olhar para os processos e para a cadeia de valor de uma organização. A cadeia de valor é definida desde o ponto em que é recebida uma encomenda por parte de um Cliente até ao ponto em que o produto acabado lhe é entregue, passando assim, por todo o processo produtivo (figura 3.1) [4]. Outra forma de a identificar pode passar pela altura em que a matéria-prima entra no processo produtivo até que no fim sai o produto acabado pronto para ser entregue ao Cliente.



- Muda Tipo 2 não adiciona valor e não é necessário ao processo;
- *Mura*- Qualquer variação que leva a situações de descontrole;
- *Muri*- Qualquer atividade que requer esforços desnecessários dos funcionários, material ou equipamento.

**Curiosidade:** Usualmente os sistemas de produção têm na sua maioria muito pouco tempo em que se está a acrescentar valor ao produto, essa percentagem de valor acrescentado situa-se na ordem dos 5-20% do tempo total de produção o que é impressionante pela negativa.

## 3.2 Estrutura do mapa

Um mapa VSM pode ser dividido em três secções:

- Processos ou fluxo de produção;
- Comunicação ou fluxo de informação;
- Linha temporal e distâncias percorridas.

### 3.2.1 Processos ou fluxo de produção

Os processos permitem identificar o fluxo ou falta do mesmo e são representados da esquerda para a direita como ilustra a figura 3.2. As tarefas secundárias são desenhadas paralelamente ao fluxo principal [12]. Isto permite detetar os vários níveis de processamento existentes (figura 3.2). Este tipo de procedimento possibilita a separação das tarefas e identificação dos vários caminhos no processo produtivo.

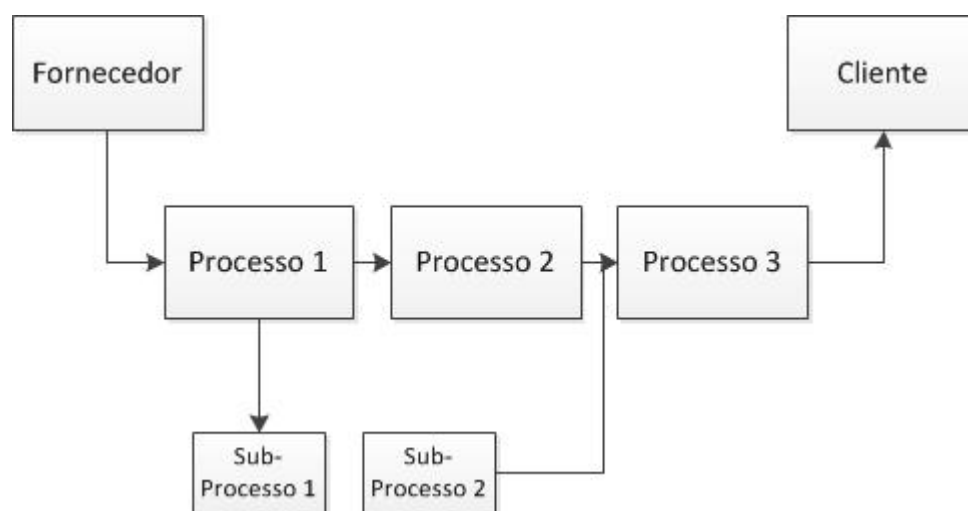


Figura 3.2-Esquema de desenho de um VSM

### 3.2.2 Comunicação ou fluxo de informação

Na análise de um ambiente de produção muitas vezes é dada demasiada importância ao mapeamento dos processos e é posta de parte a comunicação ou fluxo de informação, daí a referência criada neste documento sobre o tema.

Para evitar este tipo de situações de sub-otimização as equipas devem incluir toda a comunicação que existe na cadeia de valor.

O fluxo de processos deve ser mapeado numa primeira instância para depois ser mapeado o fluxo da informação.

A obtenção da mesma deve seguir o princípio da investigação. Os dados devem ser recolhidos dos operadores ou de outros intervenientes ligados ao processo sendo as primeiras secções a serem mapeadas, o cliente, o fornecedor e o ponto de controlo. O terceiro, deve ser desenhado no centro do mapa e no topo deste, entre o cliente e o fornecedor e deve incluir o tipo de *software* utilizado, MRP ou ERP.

No anexo E estão listados alguns tipos de comunicação que podem ser encontrados no processo.

### 3.2.3 Linha temporal e distâncias percorridas.

No fundo do mapa e por baixo dos processos deve ser incluída uma linha que contem a informação temporal de todos os objetos do desenho assim como a distância percorrida pelo operador e produto. É uma forma bastante intuitiva e inteligente de partilhar este tipo de informação com uma audiência [4]. Deve, por isso, incluir o *lead time* e o *cycle time* como ilustra a figura 3.3.



Figura 3.3- Linha temporal.

### 3.2.4 Objetos e formas VSM

Esta metodologia é composta por vários tipos de objetos que permitem representar o funcionamento de uma organização no desenho VSM.

Os objetos básicos que são comumente usados no mapeamento da cadeia de valor são uma combinação de desenhos de fluxo com formas utilizadas para representar tarefas e funções.

Estes, podem ser divididos em três tipos:

- Processos, entidades, inventários e dados associados aos mesmos;
- Fluxo, comunicação e tipos de sinais;



- Pessoas e transporte.

Foi por isso criada uma lista de objetos base do VSM que pode ser consultada no anexo B [3].

### 3.3 Estado Atual e Estado Futuro

Como foi referido anteriormente, o método VSM comporta a realização de dois mapas que contêm a informação do estado atual e do estado futuro que desejamos para a organização.

O método que é mais comumente utilizado na execução desse processo é composto por quatro passos como pode ser observado na figura 3.4. O primeiro passo foi já referenciado anteriormente e por isso não será abordado.



Figura 3.4-Passos essenciais durante a criação de um VSM.

#### 3.3.1 Desenho do Estado Atual

O desenho do estado atual é a fase procedente à seleção da família de produtos. Durante esta fase é realizado um estudo de campo na organização onde o projetista começa a desenvolver o desenho VSM do estado atual, que detalha todos os processos e passos que ocorrem no *gemba* desde a entrada da matéria-prima até à expedição do produto final. Por vezes, e se conveniente, é possível mapear processos logísticos anteriores à matéria-prima e posteriores à expedição do produto final [11].

Este processo de recolha de informação deve ser realizado caminhando pelo chão da fábrica e começando pelo fim, na saída do produto acabado, até à entrada da matéria-prima. Este método permite criar uma maior atenção a todos os pormenores. Não deve ser esquecido que o processo deve ser todo realizado pela mesma pessoa e, numa primeira fase, a “lápiz e papel”, de modo a facilitar todo o processo para que não haja falhas de informação [1].

O Cliente deve ser o primeiro elemento a ser inserido e desenha-se no canto superior direito. O passo seguinte passa por detalhar as operações, transportes e inventários existentes chegando por fim à representação Fornecedor que deve ser desenhado no canto superior esquerdo (figura 3.2). Como forma de facilitar o processo foram inseridos no anexo D alguns tópicos de ajuda sobre o mapeamento e desenho do VSM da situação atual de uma empresa.

### 3.3.2 Desenho do Estado Futuro

A terceira fase do método VSM corresponde ao desenvolvimento do Estado Futuro que desejamos implementar na organização. Sendo que, os principais objetivos são a descoberta de fontes de desperdício e sua eliminação assim como a criação de fluxo contínuo [6].

Para tal, o VSM do estado atual é estudado seguindo a criação de eventos *Kaizen*.

A criação desses eventos e oportunidades de melhoramento é posteriormente discutida entre o grupo de trabalho, o que permite encontrar formas de solucionar os problemas encontrados. Sendo que, no final as modificações aprovadas são implementadas no desenho do estado futuro que é comumente apelidado de *Value Stream Design* (VSD) [7].

Durante esse processo existem problemas e questões que são comumente encontradas e que devemos resolver. Sendo algumas delas:

- ✓ Dificuldade na definição do *Takt time*;
- ✓ Percepção da melhor filosofia de produção. Introdução de supermercados ou produção direta;
- ✓ Introdução de fluxo contínuo;
- ✓ Colocação e dimensionamento de sistemas *pull*;
- ✓ Nivelamento da produção;
- ✓ Utilização de *process improvements* (*setup reduction*, sistemas *pull*/híbridos com supermercados e *kanbans*, TPM, *Poka Yoke*, 5S, etc);
- ✓ Resolução de *bottleneck's*;
- ✓ Existência de grandes inventários;
- ✓ Existência de um *Layout* deficiente.

Foram encontradas na bibliografia estudada várias técnicas usadas no processo de mapeamento de valor que podem ajudar a resolver alguns destes problemas, sendo que, muitas delas serão ainda apresentadas no trabalho.

- Sistemas *pull*;
- *Kanbans*;
- Supermercados;
- Utilização do *takt time*;
- Linhas FIFO;
- *Pacemaker process*;
- Produção em linha (U);
- Eliminação das fontes de desperdício e de tarefas que não são necessárias;
- Gestão eficiente da produção;
- Melhoramento da comunicação e fluxo de informação;
- Introdução de fluxo contínuo;
- Optimização do *layout*;
- TPM, *Poka Yoke*, 5S, SMED, JIT.

### 3.3.3 Apresentação do mapa ao público

Uma parte importante do trabalho é a apresentação do mapa VSM aos responsáveis da organização envolvidos no projeto. O processo de *current-state mapping* nunca acaba. É um ciclo contínuo que deve ser sempre utilizado durante o percurso da empresa no mercado.

Apresentar o mapa VSM é o maior argumento que tem para expor os problemas e oportunidades de melhoramento do sistema de produção da organização.

O objetivo é ganhar confiança e aceitação por parte dos funcionários e gestores e de os convencer da necessidade de mudanças, o que não é tarefa fácil.

Na apresentação o orador deve tentar ouvir todas as pessoas, preocupações e sugestões.

Não existe melhor forma de criar aceitação do que mostrar que se valoriza a opinião dos intervenientes. Ainda assim, não devemos cair no erro de fazer modificações apenas para esse fim. Tudo tem que ser discutido e revisto. A integridade nunca deve ser posta em causa. Nem todos vão concordar e aceitar o mapa. Isso deve ser aceite por parte do orador desde o início.

### 3.3.4 Plano de ação e implementação

O plano de ação e implementação é o ultimo passo da metodologia VSM (figura 3.4). Um plano de ação é desenvolvido baseando-se no VSM do estado futuro. A função mais importante de um plano de ação é a capacidade de fazer uma gestão eficiente do seu progresso e de encontrar e solucionar possíveis problemas durante a implementação do estado futuro. Deve incluir, por isso, todas as ações de melhoramento efetuadas assim como uma justificação para cada uma delas. O tempo de implementação e os prazos devem ser controlados e incluídos no plano.

Durante a implementação deve haver reuniões de progresso de modo a facilitar o trabalho de todos.

### 3.3.5 Vantagens do VSM

Durante o estudo da bibliografia foi possível distinguir vários tipos de vantagens e desvantagens associadas à ferramenta de mapeamento de valor.

De entre muitas podem ser destacadas as seguintes vantagens [1]:

- Permite mostrar o fluxo de material e informação de uma forma simples e intuitiva;
- Consegue fazer a ligação entre o fluxo de material e informação. Nenhuma outra ferramenta é capaz de o fazer de uma forma tão fácil e eficiente;
- Permite descobrir as fontes de desperdício e não apenas o desperdício em si do processo;
- Tem sempre em consideração a perspectiva e expectativa do cliente;

- Permite ter uma visão geral do processo de fabrico. É uma representação completa da cadeia de valor desde o início até ao fim do processo;
- Tem uma linguagem e uma visão comum e universal;
- Permite descobrir onde é criado valor;
- Permite a identificação de inventários;
- Consegue interligar conceitos e técnicas;
- É como uma fotografia de tudo o que se passa na unidade fabril numa dada altura da sua evolução;
- Permite a criação de uma base para um plano de implementação.

### 3.3.6 Desvantagens do VSM

Como todas as ferramentas o VSM possui também algumas desvantagens [2]:

- Incapacidade de mapear produtos que não tenham o mesmo fluxo de materiais;
- Incapacidade para poder detalhar comportamentos dinâmicos dos processos de produção;
- Dificuldade de conseguir abranger toda a complexidade dos processos produtivos.
- Falta de dados relativos a uma análise económica (lucro, custos de operação, custos de stocks, etc);
- O VSM é baseado em sistemas de produção com pouca variedade e grande volume apesar de ser utilizado em todo o tipo de sistemas.

## 3.4 Suporte aplicativo

O *software* utilizado em todo o processo foi de bastante utilidade no auxílio da análise realizada.

O eVSM foi a ferramenta de apoio mais utilizada na realização da dissertação, e, por isso será abordada com algum detalhe.

A utilização do eVSM foi proposta por parte da equipa como modo de estudar a ferramenta e explorar as suas potencialidades.

Durante a pesquisa bibliográfica foi bastante difícil encontrar informações sobre o eVSM. Por isso mesmo e com o intuito de ajudar as pessoas que o queiram utilizar no futuro para estudos relacionados com o que foi feito nesta tese foi criada, uma referência que os ajudará, acelerando e facilitando o processo de aprendizagem.

### 3.4.1 eVSM

O eVSM foi a ferramenta de apoio mais utilizada no desenvolvimento deste trabalho. Este *software* permite desenhar e analisar mapas de fluxo de valor, diagramas *spaghetti*, *communication circles* e relatórios A3 [16].

O eVSM é utilizado em ambiente *Visio* e por isso mesmo é requerida a instalação do *Microsoft Visio*, além disso, permite realizar vários tipos de cálculo com o auxílio do *Microsoft Excel*.

No anexo A pode ser consultada uma ilustração do espaço de trabalho e que está subdividido em três partes:

- Parte 1: Conjunto de objetos base. Este conjunto possui todo o tipo de objetos que o VSM permite representar;
- Parte 2: Conjunto de objetos personalizados. Este tipo de objetos personalizados com o nome de *Quick Manufacturing* permitem acelerar o processo de desenvolvimento de um mapa VSM. São objetos e formas pré-feitas e perfeitamente ajustáveis às necessidades do projetista;
- Parte 3: Conjunto de funcionalidades que podem ser utilizadas como auxílio ou análise ao desenho do mapa.

Este programa respeita um conjunto de princípios e regras presentes na bibliografia base *Lean* [14].

#### 3.4.1.1 Requerimentos do sistema:

- Windows 2000/XP/Vista/Win7;
- Visio 2003-2010 (32-bit);
- Excel 2000-2010 (32-bit).

O sistema utilizado na análise possui *Windows XP*, *Excel 2007* e *Visio 2007 Professional*.

#### 3.4.1.2 Ambiente de trabalho

O eVSM está perfeitamente integrado no ambiente do *Microsoft Visio* que, por isso, possui uma folha de desenho quadriculada, dimensionável, onde são colocados os objetos do mapa pelo método "*Drag and Drop*" [16].

A associação dos objetos é realizada por uma seta ou por *flying connector* como ilustra a figura 3.5.

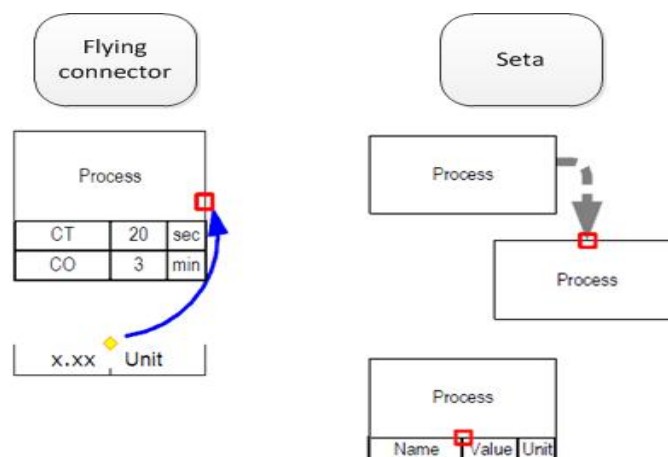


Figura 3.5-Representação Flying connector e Seta.

### 3.4.1.3 Utilização do Quick Manufacturing

O *Quick Manufacturing* é constituído por uma gama de objetos e formas pré-feitas que permitem uma construção rápida e eficaz de um desenho de um mapa VSM (figura 3.6) [16]. Além disso, existe a possibilidade de criação de macros completamente novas e seu armazenamento numa biblioteca interna.

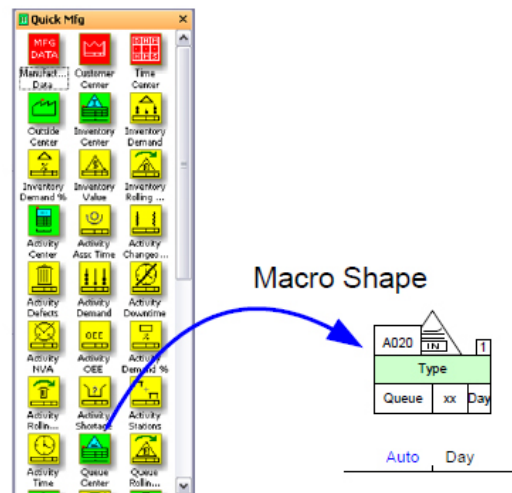


Figura 3.6-Barra com os objetos do Quick Mfg.

Os objetos são divididos em várias cores que possuem significados diferentes:

- Objetos com cor vermelha são necessários em qualquer sistema a realizar e devem ser os primeiros a ser colocados no mapa;
- Objetos verdes representam formas independentes;
- Objetos amarelos representam extras que podem ser adicionados às formas principais;
- Os ícones magenta representam gráficos pré-configurados que podem ser colocados na área de desenho e ajudam a complementar a análise.

### 3.4.1.4 Objetos do Quick Mfg

No Anexo H podem ser consultadas todas as ilustrações dos objetos do *Quick Mfg* a seguir apresentados:

- **Manufacturing Data**- Este objeto deve ser o primeiro a ser colocado no desenho do mapa. Permite guardar nomes, unidades e equações referentes ao mesmo;
- **Customer Center**- O objeto *Customer Center* permite identificar o Cliente no mapa VSM. Deve ser colocado no canto superior direito do desenho. A este objeto está associada a procura diária do Cliente. Se por ventura obtivermos o valor semanal ou até mesmo mensal este deve ser convertido para o valor diário e colocado no campo "xx";

- **Time Center**- Deve ser colocado no canto superior esquerdo do mapa. Este objeto contém o número de horas de produção disponíveis por dia;

- **Outside Center**- Permite representar o Fornecedor no mapa VSM. Deve ser colocado no canto superior esquerdo do desenho. A este objeto está associado o *lead time* da entrega;

- **Department Center**- Bastante útil para a representação de departamentos com uma visão de alto nível dentro do *gemba*;

- **Inventory Center**- O objeto *Inventory Center* permite representar inventários em qualquer parte do processo de fabrico. A unidade que representa a quantidade de inventário deve estar em conformidade com as restantes unidades do mapa, caso contrário, existe a necessidade de conversão de dados. Exemplo: Um Item é constituído por duas unidades a que podemos atribuir um nome (no exemplo: "Chapa") na ferramenta de gestão de variáveis e unidades do eVSM (figura 3.7). A este objeto está também associado o tempo em média que os produtos permanecem no inventário (*NVA time*);

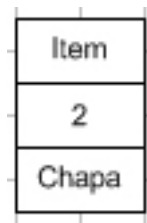


Figura 3.7-Conversão unidades.

É ainda possível associar a este objeto:

- ✓ Inventory Demand;
- ✓ Inventory Demand %;
- ✓ Inventory Value;
- ✓ Inventory Rolling Scrap;
- ✓ Inventory Cumulative Yield.

- **Activity Center**- Este objeto permite representar operações no mapa VSM. Possui uma série de informação que lhe está associada por defeito, sendo a mais importante, o tempo de ciclo. Contudo, podem ainda ser associados vários tipos dados extra:

- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| ✓ Activity Assc Time;  | ✓ Activity Rework;            |
| ✓ Activity Capacity;   | ✓ Activity Rolling Scrap;     |
| ✓ Activity Changeover; | ✓ Activity Scrap;             |
| ✓ Activity Demand;     | ✓ Activity Shortage;          |
| ✓ Activity Demand %;   | ✓ Activity Stations;          |
| ✓ Activity Distance;   | ✓ Activity Time;              |
| ✓ Activity Downtime;   | ✓ Activity Transfer Lot Size; |
| ✓ Activity MTBF;       | ✓ Activity Yield;             |

- ✓ Activity NVA;
- ✓ Activity Cumulative Yield.
- ✓ Activity OEE;

• **Queue Center-** O objeto *Queue Center* permite representar o número de documentos e informações que estão em espera para passar para a próxima atividade do mapa VSM. Podem ser associados a este objeto os seguintes dados:

- ✓ Queue Rolling Scrap;
- ✓ Queue Cumulative Yield.

Os campos *Rolling Scrap* e *Cumulative Yield* permitem guardar valores que vêm de jusante ou montante e que servem para efetuar cálculos adicionais. Não estão necessariamente relacionados com o objeto *Queue*. De referir que para se poder utilizar este tipo de campos deve-se obrigatoriamente utilizar as setas de sequenciamento entre os objetos do mapa desenhado como ilustra a figura 3.8;

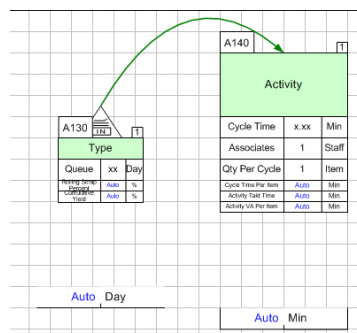


Figura 3.8- Representação das setas de sequenciamento

• **Wait Center-** Permite representar tempos de espera entre atividades ou decisões. A este objeto podem ser associados:

- ✓ Wait Rolling Scrap;
- ✓ Wait Cumulative Yield.

• **Supermarket Center-** O objeto *Supermarket Center* permite a criação de um supermercado num desenho VSM. Na sua versão *standard* possui associado o número de itens pertencentes ao supermercado. A este objeto podem ser associados também:

- ✓ Supermarket Rolling Scrap;
- ✓ Supermarket Cumulative Yield.

• **Transport Center-** Este objeto é utilizado para adicionar tempos de transporte no cálculo do *lead time*;

• **Transmit Center-** Consegue capturar o tempo de transmissão de informação ao longo do mapa VSM. No caso da transmissão ser imediata utilizar o valor "0";



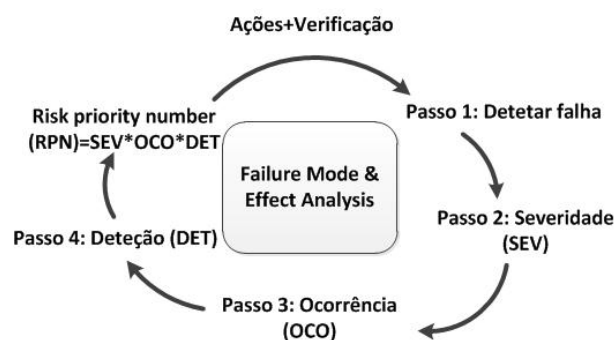
- **FMEA Center**- O objeto *FMEA Center* é utilizado para representar uma análise FMEA (*Failure Mode & Effects Analysis*). O seu esquema de análise pode ser consultado na figura 3.10. Este objeto possui três campos obrigatórios [15]:

- ✓ Severity - Severidade;
- ✓ Occurence- Probabilidade de ocorrência;
- ✓ Detection- Probabilidade de detecção;

O quarto campo é calculado automaticamente da seguinte forma:

**Equação 3.1-RPN.**

$$RPN = Severidade \times Ocorrência \times Detecção$$



**Figura 3.9-Análise FMEA.**

- **Time Center**- Realiza um somatório de alguns dos tempos mais importantes do sistema. O objeto possui os seguintes dados:

- ✓ Lead Time- Somatório do VA, NVA e *Lead time*;
- ✓ Total Value Added Time- Somatório do VA;
- ✓ Value Added Percent-  $(Total\ Value\ Added\ Time/Lead\ Time)*100$ ;
- ✓ Takt Time-Tempo de produção/Procura do Cliente.

- **Staff Summary**- Permite realizar um somatório de tempos relacionados com os funcionários do sistema que participam na cadeia de valor;

- ✓ Total Assoc. Time Per Item- Tempo total utilizado pelos operadores num item;
- ✓ Total Daily Assoc. Time- Tempo total utilizado pelos operadores num dia;
- ✓ Total Daily Assoc. Scrap Time- Tempo Total utilizado pelos operadores e que é considerado desperdício.

- **Transport Summary**- Este objeto possibilita a realização do somatório da distância percorrida no *gemba*;

- **Inventory Summary**- O *Inventory Summary* é bastante útil, uma vez que, permite realizar o somatório de todo o inventário do sistema;

• **CT/TT Chart-** Permite o desenho de gráficos tipo *Cycle Time VS Takt Time* (figura 3.10). Contem as seguintes variáveis:

- ✓ Cycle time;
- ✓ Changeover Loss;
- ✓ Downtime Loss;
- ✓ Scrap Loss;
- ✓ DownsStr Loss;
- ✓ OEE Loss;
- ✓ Shortage Loss;
- ✓ Activity NVA;
- ✓ Activity Takt.

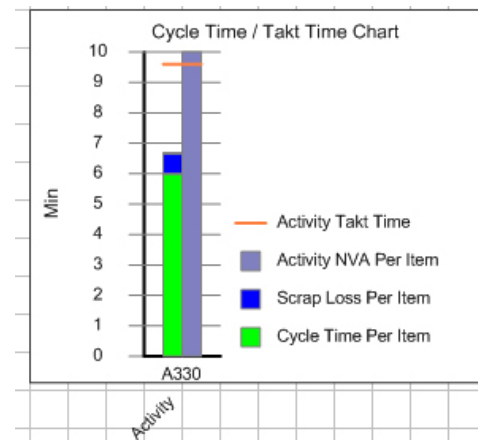


Figura 3.10-Exemplo CT/TT.

• **Lead Time Chart-** Este objeto permite desenhar um gráfico com a representação do *Lead Time* do sistema e dos tempos onde está ou não a ser acrescentado valor ao produto (figura 3.11);

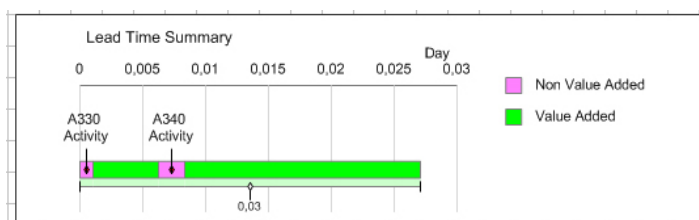


Figura 3.11-Exemplo gráfico Lead Time.

• **VA/TT Chart-** Facilita o desenho de gráficos tipo *Value Added Time vs Takt Time* (figura 3.12). Variáveis que são representadas graficamente:

- ✓ Activity VA;
- ✓ Activity NVA;
- ✓ Changeover Loss;
- ✓ Downtime Loss;
- ✓ Scrap Loss;
- ✓ DownStr Loss;
- ✓ OEE Loss;
- ✓ Shortage Loss;
- ✓ Activity Takt.

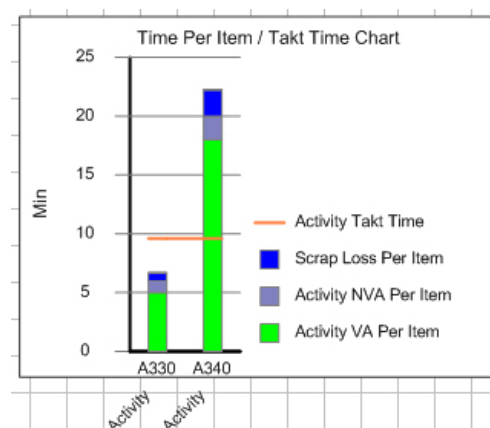


Figura 3.12-Exemplo gráfico VA/TT.

• **Capacity/Demand Chart-** Este objeto necessita que tenha sido adicionado a cada atividade o dado "*Activity Capacity*". Permite o desenho de gráficos tipo *Capacity vs Demand* (figura 3.13);

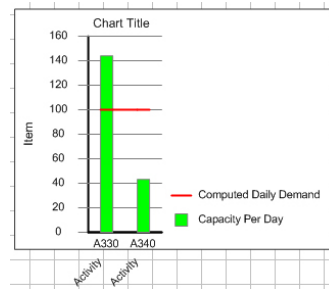


Figura 3.13-Exemplo gráfico Capacity/Demand.

• **FMEA Chart**- Permite criar um gráfico com todas as análises FMEA do mapa VSM (figura 3.14);

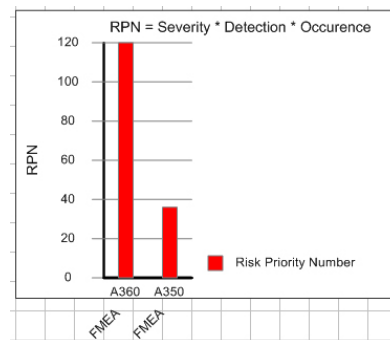


Figura 3.14-Exemplo gráfico FMEA.

• **Key Creator**- Possibilita a criação de uma lista com todos os objetos utilizados no desenho do mapa VSM;

• **Var Creator**- Cria um resumo de todas as variáveis presentes no desenho do mapa VSM. Pode ser consultado um exemplo no anexo C.

### 3.4.1.5 Tipos de Dados

Existem três tipos de dados que são associados aos objetos do eVSM (figura 3.15) [16]:

- Formas "xx" que indicam valores que devem ser inseridos manualmente;
- Formas que já possuem o seu valor por defeito;
- Formas "Auto" que serão posteriormente automaticamente calculados.

Cycle Time	x.xx	Min
Batch Size	1	Item
Cycle Time Per Item	Auto	Min
Activity Takt Time	Auto	Min

Figura 3.15-Formas de dados dos objetos.

Existe também uma linha temporal onde se pode consultar os tempos que acrescentam valor (ex: Processo) e os tempos que não acrescentam valor (ex: Inventário) (figura 3.16).

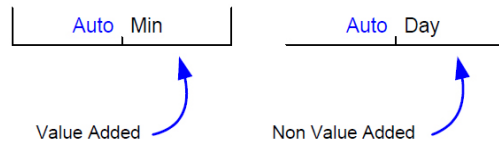


Figura 3.16-Exemplo de uma linha temporal..

#### 3.4.1.6 Barra de ferramentas eVSM



Figura 3.17.Barra de ferramentas do eVSM.

A barra de ferramentas eVSM (figura 3.17) permite realizar uma série de funções com bastante utilidade no desenho e análise do mapa [16]:

- **Communication Circle-** Permite desenhar um círculo de comunicações. É bastante útil para a visualização dos vários caminhos do sistema;
- **eA3 Report-** Gera um relatório A3 (figura 3.18) . Do relatório A3 fazem parte os seguintes campos para preenchimento:

- ✓ Assunto;
- ✓ Background;
- ✓ Condição atual;
- ✓ Análise do problema;
- ✓ Condição alvo;
- ✓ Medições;
- ✓ Plano.

TITLE BACKGROUND CURRENT CONDITION PROBLEM ANALYSIS	TARGET CONDITION QUANTITATIVES MEASUREMENT PLAN FOLLOW UP
--	--

Figura 3.18-Relatório A3 em branco.

- **eVSM Autofix-** Realiza a correção automática de alguns dos problemas mais comuns no mapa. Exemplo: Remove objetos escondidos e desnecessários, faz a ligação entre objetos que por vezes não estão bem conectados baseando-se na sua proximidade;

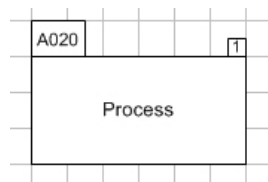


Figura 3.19-TAG= A020; Path=1.

- **eVSM Autopath-** Atribui automaticamente um caminho a cada objeto do mapa. Normalmente é colocado no canto superior direito do objeto (figura 3.19);

- **eVSM AutoTag**- Atribui automaticamente uma TAG (Identificador único) a cada objeto selecionado (figura 3.19);
- **eVSM AutoSeq**- Permite sequenciar automaticamente os objetos selecionados no mapa e atribui a respetiva TAG no canto superior esquerdo do objeto;
- **eVSM Calculator**-Transfere todos os dados do desenho do mapa para uma folha de cálculo Excel;
- **eVSM Drill Down**-Cria uma hiperligação para um objeto individualmente numa nova página do *Microsoft Visio*;
- **eVSM Excel Check On/Off**- Permite saber quais os dados dos objetos que serão ou não exportados para o Excel. É bastante útil para detetar alguma anomalia no processo de exportação de dados;
- **eVSM Fast Update**- A funcionalidade *eVSM Fast Update* permite que o sistema funcione com 10 vezes mais velocidade do que quando utilizado o *eVSM Calculator*. É ótimo para atualizar pequenas modificações no mapa.
- **eVSM Formula Wizard**- Esta função permite criar fórmulas para o Excel no próprio *Microsoft Visio* utilizando dados do mapa desenhado. É bastante útil e intuitivo e agiliza o processo;
- **eVSM Gadgets Check On/Off**- Verifica se os *Gadgets* estão ativos ou não;
- **eVSM Glue Check On/Off**- Deteta todas as relações entre os objetos desenhados no mapa. É de grande utilidade aquando do desenho do mapa pois é bastante usual o esquecimento de alguma relação ou ligação. Este tipo de erros pode ser rapidamente detetado com esta ferramenta;
- **eVSM Kaizen Report**- Exporta todos os "*Kaizen Starburst*", ou seja, todos os problemas e oportunidades de melhoramento adicionadas no mapa para um documento Excel;
- **eVSM Link Activities**- Adiciona objetos a mapas já existentes sem interferir nas suas ligações;
- **eVSM Macro Maker**- Esta ferramenta permite criar *Macros* de objetos personalizados;
- **eVSM Manage Gadget Collections**-Gere todos os *Gadgets* do sistema;
- **eVSM Model Copy**-Faz uma cópia na íntegra de um mapa VSM assim como os documentos Excel associados ao mesmo. É bastante útil para situações "*What-IF*";

- **eVSM Name and Unit Manager**- Cria e define novas variáveis que podem ser atribuídas aos objetos (figura 3.20);

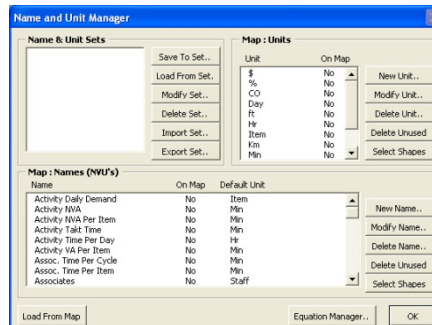


Figura 3.20-Name and Unit Manager do eVSM.

- **eVSM Tag Path Locator Defaults**- Permite gerir a atribuição dos caminhos e dos identificadores aos objetos do mapa;

- **eVSM Tag sequence Check On/Off**- Verifica se existe alguma sequência aplicada aos TAG (identificadores) no mapa;

- **eVSM Unlink Activities**- Utilizado em conjunto com a ferramenta *eVSM Link Activities*;

- **eVSM Update Gadgets**- Atualiza os valores dos *Gadgets*;

- **eVSM V5 Migration**- Faz a migração de mapas realizados em versões anteriores do programa para a versão 5;

- **Quick eVSM**- Efetua o cálculo dos valores nos campos “AUTO” do mapa;

- **Spaghetti Diagram**- Permite a realização de um diagrama *spaghetti*.

#### 3.4.1.7 Importação de dados

O eVSM permite importar dados de várias fontes:

- Excel;
- Access;
- SharePoint;
- SQL Server;
- OLEDB;
- ODBC.

O processo é relativamente fácil. Basta preencher o Excel com os dados desejados, acionar a funcionalidade de importação de dados do eVSM e fazer corresponder uma coluna com um identificador único a cada objecto.

Esta funcionalidade utiliza *Visual Basic Application*.

# Capítulo 4

## Caso de estudo

O presente capítulo aborda o caso de estudo de uma empresa de manufatura de transportadores alimentares e permite expor os problemas e métodos utilizados na realização do documento. No final são ainda apresentados os resultados assim como as soluções propostas.

### 4.1 Enquadramento

O trabalho enquadra-se num projeto de consultadoria fornecido a uma empresa fundada há mais de 10 anos que desenvolve a sua atividade ao nível da Automação Industrial e Metalomecânica. Situa-se em Vale de Cambra e é uma empresa líder na sua área de atuação.

A sua produção requer excelentes níveis de qualidade e de fiabilidade devido à exigência do tipo de utilização dos seus produtos.

Ao longo do seu percurso, especializou-se em montagens, manutenção e reparação de unidades industriais. Contudo, a produção de transportadores alimentares é uma das suas principais atividades e será analisada em detalhe neste capítulo.

### 4.2 Objetivos

Os objetivos traçados foram auxiliar a empresa no processo de relocalização e, com isso, otimização de todos os seus processos produtivos eliminando as fontes de desperdício existentes.

Com esse intuito, procedeu-se à aplicação de metodologias *Lean* onde o *Value Stream Mapping* teve o seu papel fulcral.

Através do VSM foi possível desenvolver:

- VSM (*Value Stream Mapping*) da situação atual da empresa;

- Encontrar principais problemas da empresa;
- Analisar e desenvolver soluções viáveis;
- VSD (*Value Stream Design*) da sua situação futura que ajudará à definição de um novo *layout* aquando da relocação da empresa.

O procedimento utilizado no caso de estudo está ilustrado na figura 4.1.

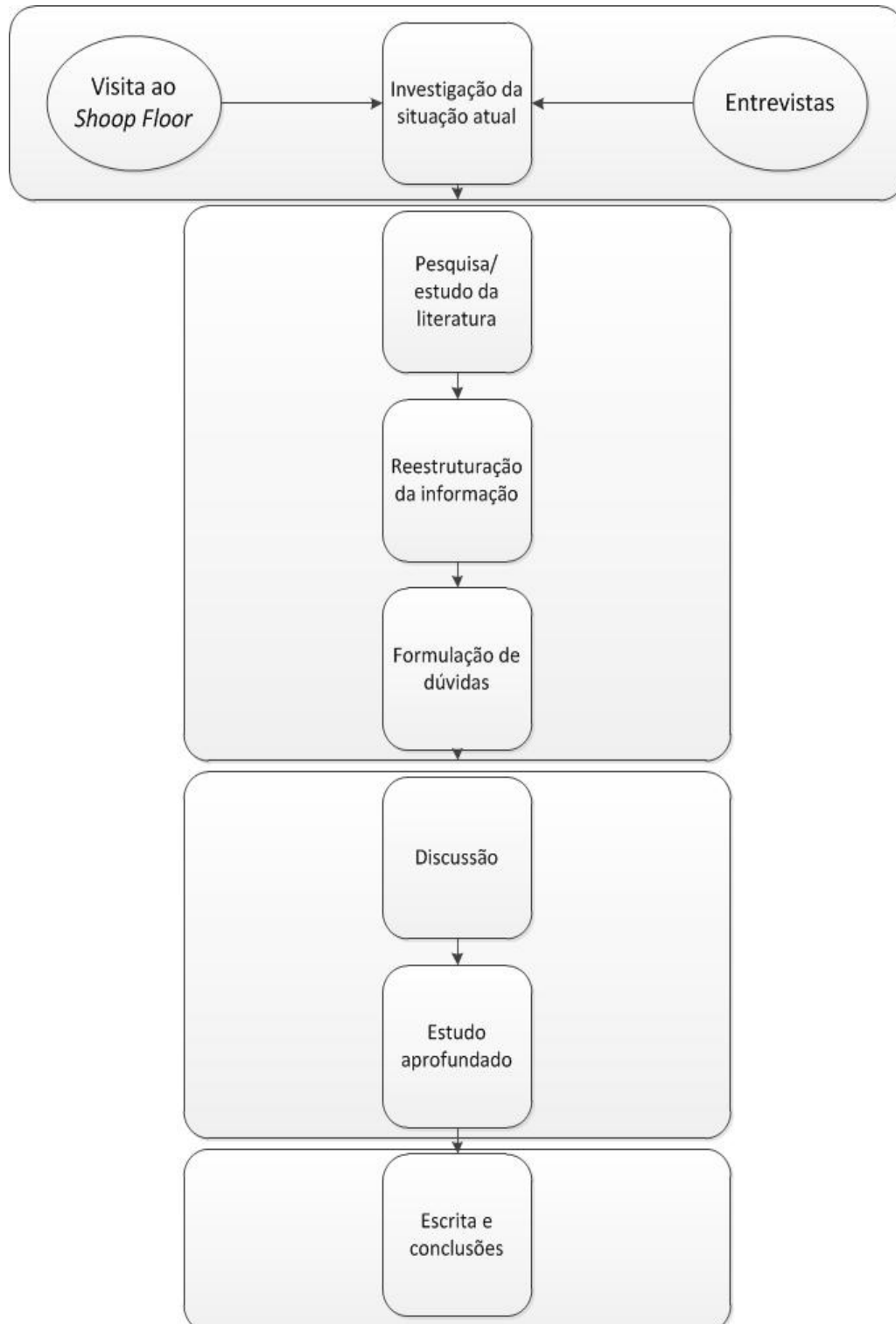


Figura 4.1-Procedimento utilizado no Caso de Estudo.



### 4.3 Metodologia

Na primeira etapa do projeto procedeu-se a uma reunião de *kickoff*. Nessa reunião que é o primeiro encontro entre a equipa do projeto e os responsáveis da empresa foram abordados e definidos os elementos base do projeto assim como o seu plano de atividades.

A escolha da família de produtos e o desenho da situação atual de uma empresa são os pontos de partida de uma análise VSM e serão primeiramente abordados neste capítulo. Tudo será dependente dessa análise e como tal é provavelmente a parte mais importante e, que por isso, deve ser tratada com cuidado.

O VSM foi construído esquematicamente numa parede. Para a representação do mesmo foram utilizados *post-its* de várias cores que foram preenchidos com os principais dados necessários para efetuar o estudo pretendido. Pode ser observado um pequeno exemplo na figura 4.2.

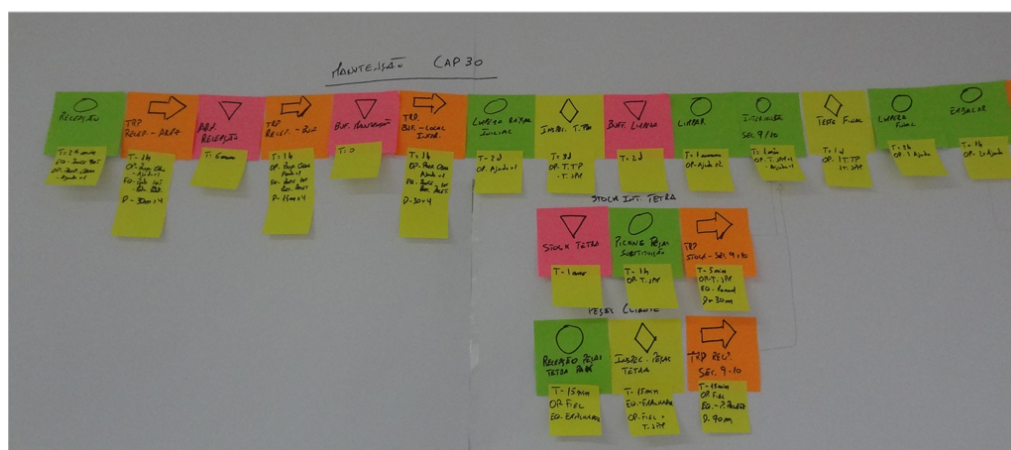


Figura 4.2-Exemplo de representação em post-it do VSM.

Depois do desenho da situação atual foram detetados e analisados os principais problemas da empresa e foram sugeridas algumas soluções através da utilização de ferramentas *Lean*. Soluções essas que foram representadas também no mapa VSD com a situação futura que inclui todos os requisitos e objetivos a serem implementados nas novas instalações. O estudo centrou-se nas operações de quinagem e montagem final com a realização de alternativas viáveis e que permitirão implementar a criação de um fluxo contínuo e boas práticas *Lean*.

Serão, por isso, apresentados todos os dados que foram considerados necessários para efetuar a análise á empresa referida, assim como será exposto todo o método de estudo e a linha de pensamento que permitiu chegar a soluções importantes.

A metodologia sugere que o VSM deve ser criado para uma família de produtos. Por conseguinte, procedeu-se á escolha da família de produtos onde incidiria o estudo.

## 4.4 Família de produtos

A empresa produz maioritariamente transportadores personalizados às necessidades do cliente. Contudo, produz também, transportadores *standard*. O facto de o produto ser muito variável em termos de dimensão e constituição dificulta um pouco o estudo. Do mesmo modo que, a escolha da família de produtos teve em conta dois fatores. Primeiramente foi encontrado o modelo que tem mais influência no mercado e que tem maior peso no processo de produção.

O modelo que tem efetivamente mais vendas é o modelo JPM023 que ocupa cerca de 71% do total das vendas da empresa como demonstra a tabela 4.1.

Tabela 4.1-Gama de produtos.

Produto	Vendas (%)
Transportador JPM023	71%
Transportador JPM024	15%
Transportador JPM114	7%
Transportador JPM1704	7%

O segundo fator que foi tido em conta foi a complexidade do transportador JPM023. O estudo do VSM é útil pois permite simplificar a análise devido à sua simplicidade. Com esse intuito a análise do transportador JPM023 foi simplificada. Como cada transportador é constituído por várias partes que são fabricadas na empresa e que têm processos de fabrico complexos serão apenas considerados os subprodutos mais relevantes e que possuem mais operações em comum dentro da gama JPM023. No caso específico, foram escolhidos então as Estruturas Acionamento, os Troços (1m) e as Curvas (180°) que como pode ser observado na tabela 4.2 possuem todas as operações em comum.

Tabela 4.2-Representação família de subprodutos transportador JPM023.

Transportador JPM023	Cortar	Tornear	Escatelar	Quinar	Soldar	Lavar	Decapar	Montar	Embalar
Est. Acionamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Troço	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Curva	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rejeitador	X			X		X		X	
Travão	X	X				X		X	
Agulha			X					X	
Transferência				X	X	X		X	
Cadenciador			X	X	X		X	X	

Família de produtos

Durante o projeto, como sugere a metodologia, foi apenas estudado, uma configuração específica do transportador JPM023 como foi referido anteriormente. A configuração em análise é composta por:

- ✓ 5 Estruturas;
- ✓ 5 Acessórios;
- ✓ 25 Apoios;
- ✓ 6 Curvas;
- ✓ 15 Troços.

Com a escolha dos três subprodutos mais importantes no processo através dos critérios já referenciados foram realizados três mapas VSM.

- Estrutura Acionamentos;
- Troços;
- Curvas.

Os VSM's construídos em sala por *post-its* e o seu desenho com a situação atual da empresa realizados no *software* eVSM encontram-se em formato digital, contudo pode ser consultado um pequeno excerto no anexo I.

#### 4.4.1 Representação dos objetos:

A representação dos objetos foi numa primeira fase realizada em *post-it* como sugere a metodologia e numa segunda fase foi transformada em formato electrónico através do eVSM [4]. Alguns exemplos dos objetos representados em *post-it* podem ser consultados na figura 4.3 assim como o cenário que foi criado na sala de estudo dentro da empresa (figura 4.4).

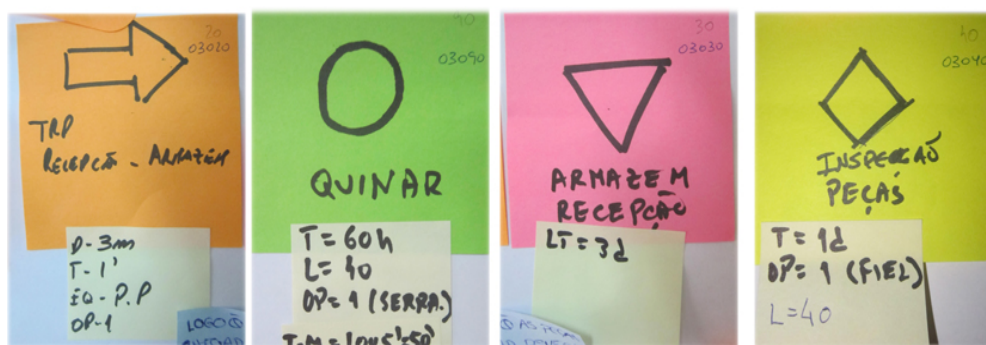


Figura 4.3-Tipos de objetos VSM representados em post-it.



Figura 4.4-Cenário post-it na sala de análise.

A representação dos objetos no *software* eVSM está ilustrada na figura 4.5 e serve apenas como exemplo.

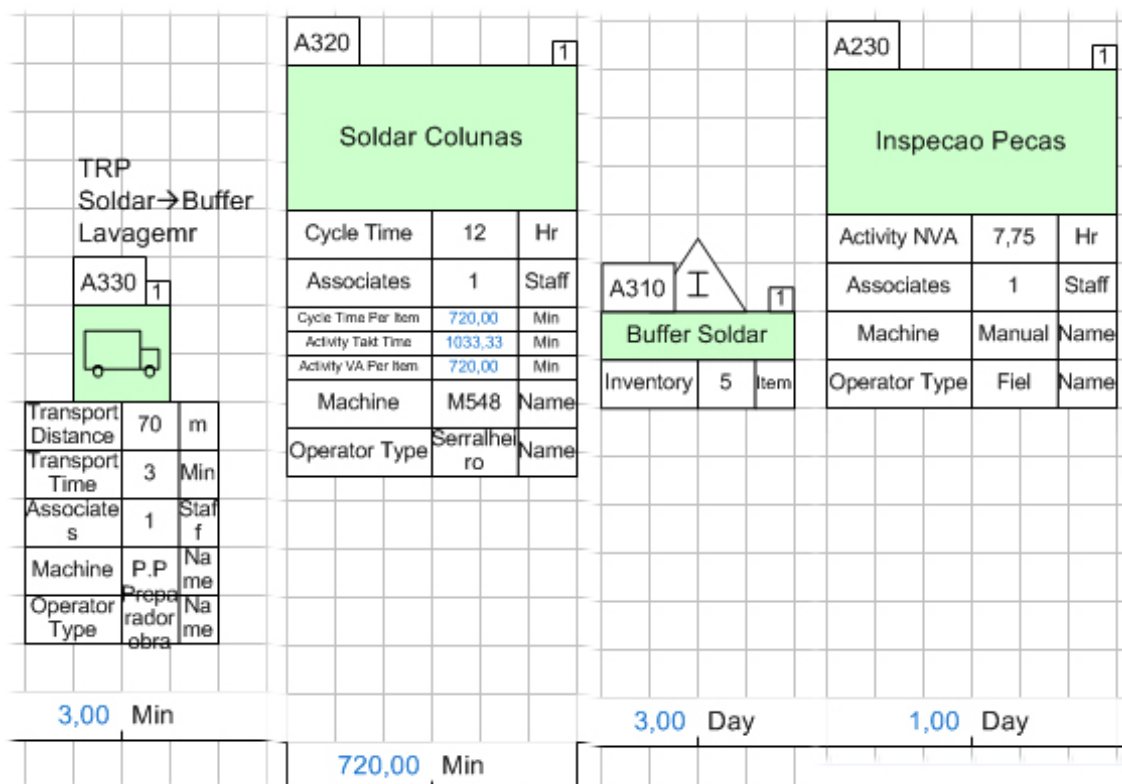


Figura 4.5-Representação objetos eVSM.

Os objetos representados no eVSM são constituídos por vários tipos de dados. Cada tipo de objeto possui, por isso, a representação dos seguintes dados:

- **Transporte:**

- Transport Distance- Representa a distância de transporte percorrida;
- Transport Time- Representa a duração do transporte;
- Associates- Número de operadores que executam o transporte;
- Machine- Identifica a máquina associada ao transporte;
- Operator Type- Identifica o tipo de operador associado ao transporte.

- **Operação:**

- Cycle time - Tempo de ciclo;
- Associates - Número de operadores que executam a operação;
- Cycle time per Item- Tempo de ciclo por item. Útil no caso de haver mais que um operador a executar a operação;
- Activity Takt Time- Takt time do sistema;
- Activity VA per Item.- Tempo em que está a ser acrescentado valor;
- Machine - Identifica a máquina associada á operação;
- Operator Type - Identifica o tipo de operador associado á operação.

- **Inventário**

- Inventory- Quantidade de inventário existente.

- **Inspeção**

- Activity NVA -Tempo em que não está a ser acrescentado valor;
- Associates - Número de operadores que executam a inspeção;
- Machine- Máquina associada;
- Operator Type - Tipo de operador associado.

## 4.5 Resultados VSM

A realização dos mapas VSM da situação atual foi uma tarefa que requereu bastante trabalho e cooperação de equipa. Deste modo, foi necessário utilizar o diálogo e executar muita análise de campo para que fosse possível chegar a resultados concretos. As técnicas *Lean* suscitam a dúvida e a incerteza o que de certo modo é necessário e benéfico para o processo de análise pois permite lançar a discussão sobre os mais variados temas que por vezes nunca tinham sido considerados e devidamente pensados. Depois de bastantes correções e reuniões de grupo foi conseguido um resumo que detalha a informação mais importante do processo de fabrico da empresa.

O objetivo da tabela 4.3 é mostrar de uma forma sucinta o resultado da representação da situação atual da empresa.

Tabela 4.3-Resumo informação recolhida nos VSM's (estado atual).

VSM		Estrutura Acionamento	Troços	Curvas
Procura Anual (Item)		2	20	5
Ramal Principal		Quinar+Soldar	Cortar+Montar Perfil	Quinar+Calandrar+Varandim exterior
Lote (Item)		40	40	20
Valor Acrescentado (dia)		28	2,2	5,8
Lead Time (dia)		70	20	43,8
Valor Acrescentado (%)		40%	11%	13%
Distância percorrida	Interna (m)	631	457	789
	Externa (m)	NA	NA	30.000

A tabela 4.3 mostra claramente muita informação importante. O dado que é mais relevante é a percentagem de valor acrescentado ao produto no processo de fabrico (marcado a cor azul). O resultado do valor acrescentado do VSM da Estrutura Acionamento sugere que a análise feita foi bastante otimista visto que normalmente as empresas que têm um modo de operar semelhante têm uma percentagem de valor acrescentado muito inferior como é referido no capítulo 3.

Quando executamos uma recolha de dados deste género percebemos que existe sempre uma incerteza ou uma percentagem de erro por parte de quem nos fornece a informação. Assim, foi concluído que neste caso os dados que foram fornecidos provavelmente não foram os mais corretos. O que era verificado em campo sugeria um resultado bastante pior.

Se por outro lado observarmos o VSM dos Troços e das Curvas o resultado é bastante diferente. Ambos têm uma percentagem de valor acrescentado ao produto muito baixa o que prova e sustenta a existência de bastantes fontes de desperdício que serão enunciadas mais à frente.

Com esta pequena análise da tabela de resultados do estado atual da empresa conseguimos perceber e provar a necessidade da implementação de soluções que nos ajudem a resolver estes problemas aquando da deslocação da empresa para instalações completamente novas. Nos próximos parágrafos do documento serão especificados todos os

problemas detetados com mais detalhe aquando da realização de todos os VSM já abordados e que representam a situação atual da empresa. Estes, ajudaram e guiam o processo de obtenção de soluções.

#### 4.5.1 Problemas

Durante a recolha de dados que foi efetuada na empresa, como foi relatado anteriormente, foram detetados alguns problemas no processo de produtivo.

Serão, desta forma, de seguida, abordados alguns destes aspetos em mais detalhe.

A estrutura atual da empresa não permite que exista uma equipa permanente na parte da montagem final. Esse facto que ocorre devido á quantidade de serviços de manutenção que são realizados fora das instalações e á própria política interna da empresa é um grande entrave há produção propriamente dita. A produção não possui um fluxo contínuo e, por vezes, pode até parar completamente. Como consequência, não está implementado um ritmo de produção nos funcionários originando assim muitas fontes de desperdício e inconvenientes ao longo do processo.

As inspeções realizadas á matéria-prima externa por parte da empresa com o intuito de fazer um controlo de qualidade são bastante demoradas e não têm um local e procedimento otimizado, o que provoca um atraso logo no inicio da cadeia de valor.

Os tempos de mudança de ferramenta de algumas máquinas são longos. O torno é um bom exemplo disso, personifica claramente este tipo de desperdício. A operação de quinar também é bastante problemática e representa um de dois grandes *bottleneck's* existentes do processo de fabrico da empresa.

O tempo deveria ser uma variável medida e respeitada nas linhas de montagem. Além disso a bancada de trabalho deveria ser repensada e otimizada para que apenas existisse o material necessário devidamente organizado e etiquetado. O manual de montagem deveria estar sempre disponível. A falta de organização e limpeza que é visível em algumas partes do chão de fábrica dificulta a produção, o que sugere, a aplicação da metodologia 5S (figura 4.6).



Figura 4.6-Necessidade de aplicação 5S.



Os itens em armazém não respeitavam a quantidade mínima de *stock* exigida pela empresa. A figura 4.7 retrata essa situação uma vez que o *stock* mínimo era 15 e apenas existia um produto acabado no armazém central.



Figura 4.7- Stock produto acabado (Acionamento).

A qualidade do produto pode representar um entrave a produtividade da fábrica o que parece estranho visto que a qualidade não é, por si só, maligna. Porém, verificou-se que existem alguns acabamentos que podem ser otimizados, subcontratados ou até mesmo eliminados se o cliente não estiver disposto a pagar por eles. Outro problema detetado é a existência de um grande WIP distribuído pelo chão de fábrica como é bastante comum neste tipo de indústrias com uma organização tradicional (figura 4.8).



Figura 4.8-WIP.

O *layout* atual não tem em consideração o processo produtivo e por isso mesmo é um grande entrave à criação de fluxo contínuo. Os trabalhadores são forçados a percorrer grandes distâncias com e sem o produto porque a localização das máquinas não é a ideal. A figura 4.9 ilustra essa situação. As matérias-primas entram pelo armazém central, percorrem grandes distâncias na área de produção, muitas vezes voltam ao mesmo armazém ainda como WIP, e por fim são novamente armazenados como produtos acabados no mesmo local.

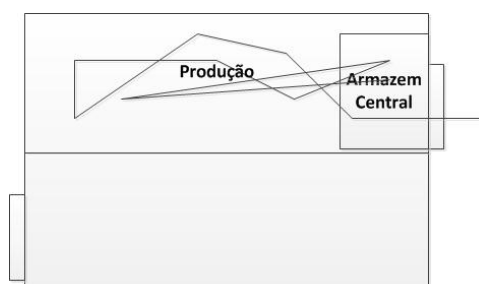


Figura 4.9-Movimentação produtos.



A localização do armazém de entrada e de saída de material é um problema grave porque impede o correto fluxo dos mesmos no *gemba*. Tal facto, fomenta a criação de transportes de materiais desnecessários com o acréscimo de ser por longas distâncias e sequências inapropriadas.

#### 4.5.2 Pontos fortes

Durante a análise além de muitos problemas que causam entraves à produção da empresa foram também encontrados pontos fortes que fazem com que seja uma empresa líder na sua área de atuação.

A qualidade e fiabilidade do seu produto são bastante visíveis durante todo o processo. Existe uma preocupação enorme com o acabamento do produto final que é entregue ao cliente.

O tempo de resposta ao cliente e a capacidade de conseguir cumprir com encomendas que requerem uma gestão eficiente dos operadores é também um dos pontos fortes da empresa. Contudo, existem aspetos menos bons no que diz respeito à atribuição de carga laboral aos seus funcionários que nunca é constante no tempo.

O preço do produto é reconhecido no mercado e por isso um grande aliado da sua política e do seu modo de atuação.

A empresa tem a capacidade de poder executar serviços de manutenção de máquinas no ramo da indústria alimentar. Esse aspeto permite a fidelização de muitos clientes.

### 4.6 Análise

Esta parte do documento permitirá expor a análise realizada aos problemas encontrados e apresentar algumas soluções para os mesmos. Foram selecionados alguns problemas para posterior análise. Os critérios de seleção utilizados foram a margem de melhoramento e a urgência de resolução.

- Inexistência de fluxo contínuo;
- *Bottleneck* na operação de quinar;
- *Bottleneck* na operação de montagem final do produto.

A criação de uma linha de montagem completamente nova é o tema que irá ocupar as próximas páginas deste documento.

#### 4.6.1 Linha de Montagem

A montagem final é claramente uma operação que está presente em todos os subprodutos e que representa um *bottleneck* ao processo de fabrico como pode ser constatado no gráfico de operações de todos os subprodutos selecionados para análise (Estrutura Acionamentos, Troços e Curvas) do anexo G. O tempo de ciclo das operações de

montagem final foi contabilizado para a ordem de produção analisada que é constituída por um lote de produtos e está representado na tabela 4.4.

Tabela 4.4-Lotes de produção e tempo de ciclo montagem final.

VSM	Ordem de produção (Produtos)	Tempo de Ciclo (min)
Estrutura Acionamentos	40	3600
Troços	40	560
Curvas	20	1800

Com o objetivo de obter um fluxo contínuo e de distribuir o trabalho uniformemente pelos operadores foi acordado que seria criada uma equipa de montagem completamente nova que ficaria permanentemente na fábrica alocada à montagem final, independentemente de serem ou não necessários nos serviços de manutenção que a empresa efetua.

Foi escolhida a configuração da linha em “U” pois é usualmente utilizada com resultados bastante bons e permite obter a flexibilidade que a empresa necessita como é explicado no capítulo 2. A figura 4.10 representa exatamente a situação atual da montagem final que é constituída por duas mesas de montagem e por dois armários com WIP. Apesar de a área ser constituída por duas mesas de montagem normalmente apenas uma é utilizada e com um operador que não está alocado a esse recurso permanentemente. Esta situação é desvantajosa pelos motivos que foram referenciados anteriormente e por isso mesmo a situação futura representada também na figura 4.10 é constituída por uma linha de produção com configuração em “U” em que normalmente o operador que inicia a montagem finaliza-a e tem capacidade de executar vários tipos de trabalho na peça ao longo da linha de montagem

O *takt time*, o número de operadores necessários assim como o balanceamento da sua carga de trabalho serão os próximos temas a serem abordados.

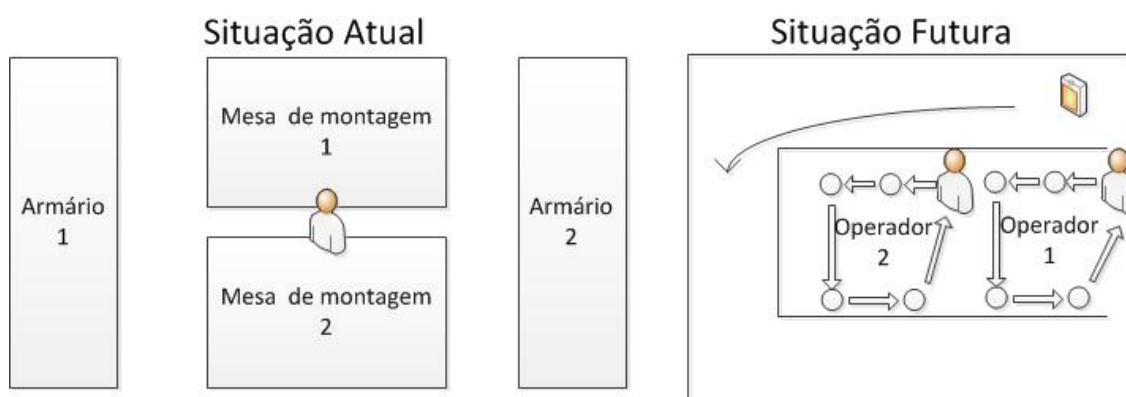


Figura 4.10-Situação Atual e Situação Futura da linha de montagem final.

#### 4.6.2 Cálculo do Takt Time .

O cálculo do *takt time* necessário ao sistema é um dos requisitos do dimensionamento da linha de montagem que se pretende implementar. Por isso mesmo será calculado para cada subproduto. O tempo disponível de produção é de 465 minutos por dia. Os operadores trabalham cinco dias por semana e a empresa funciona 48 semanas por ano.

Equação 4.1- Procura Cliente (Diária).

$$Procura\ Cliente\ (Diária) = \frac{Procura\ anual}{48 \times 5}$$

Tabela 4.5-Cálculo da procura do cliente esperada (Diária).

Subproduto	Procura Cliente (Anual)	Procura Cliente (Diária)
Estrutura Acionamentos	350	1,46
Troços	1600	6,7
Curvas	630	2,63

Equação 4.2- Takt Time.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ produção}{Procura\ do\ cliente}$$

Tabela 4.6-Cálculo do takt time dos subprodutos.

Subproduto	Procura esperada do cliente (Diária)	Takt time (min)
Estrutura Acionamentos	1,46	318,5
Troços	6,7	69,4
Curvas	2,63	176,8

#### 4.6.3 Balanceamento operações

No modelo atual a empresa funciona apenas com um operador na secção da montagem final. Esse mesmo operador efetua todo o trabalho sozinho.

Essa situação, já referenciada, provoca um *bottleneck* na parte da montagem final como pode ser observado no anexo G a operação de montagem final está bastante desbalanceada em relação a todas as outras (marcada com uma seta de cor azul).

Com o intuito de resolver esta situação procedeu-se a uma divisão de tarefas na operação de montagem final através do método *Lean* referenciado no capítulo 2. O resultado está exposto nos gráficos seguintes.

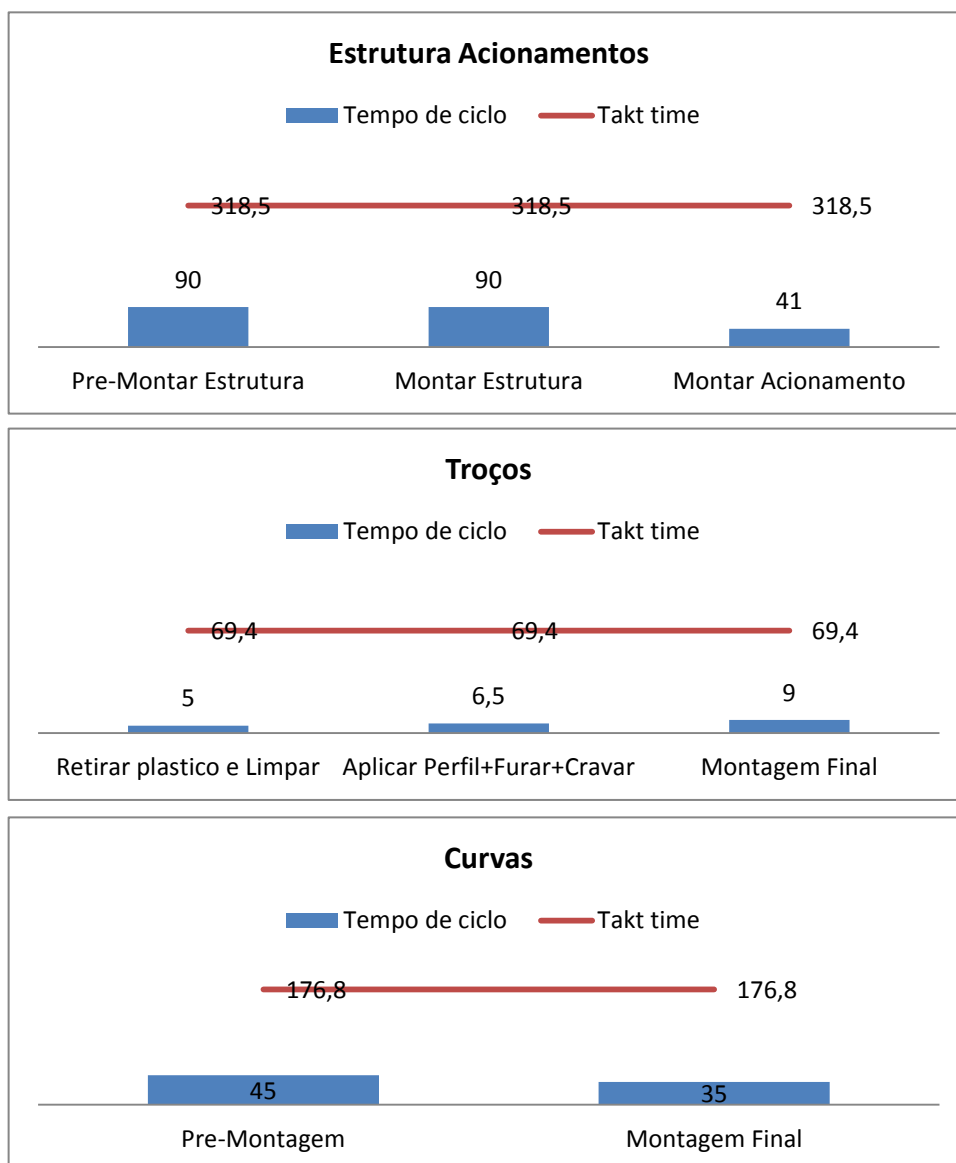


Figura 4.11-Balanceamento Montagem-Final VSM Est. Acionamento, Troços e Curvas.

A montagem final foi dividida em sub-montagens que serão executadas na nova linha com a configuração em “U”. Esta solução será implementada no VSD com a situação futura que será depois apresentada.

#### 4.6.4 Número de operadores

Depois da escolha do tipo de linha a implementar, do calculo do *takt time* e de se optar por sub-montagens balanceadas seguiu-se o dimensionamento do número de operadores que estarão sempre disponíveis e alocados á linha. Foram recolhidos para isso os dados

necessários para o seu cálculo. A procura esperada do cliente está representada na tabela 4.5.

Os tempos de ciclo das operações de montagem final de todos os subprodutos estão representados nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9.

**Tabela 4.7-Tempo Ciclo- OP Montagem final Est. Acionamentos.**

VSM Est. Acionamentos	Tempo de Ciclo TO BE(min)
Pré-Montar Estrutura	90
Montar Estrutura	90
Montar Acionamento	41
<b>Total 1</b>	<b>221</b>

**Tabela 4.8-Tempo Ciclo- OP Montagem final Troços.**

VSM Troços	Tempo de Ciclo TO BE(min)
Retirar plástico e Limpar	5
Aplicar Perfil+Furar+Cravar	6,5
Montagem Final	9
<b>Total 2</b>	<b>20,5</b>

**Tabela 4.9-Tempo Ciclo- OP Montagem final Curvas.**

VSM Curvas	Tempo de Ciclo TO BE(min)
Pré-montagem	45
Montagem Final	35
<b>Total 3</b>	<b>80</b>

**Tabela 4.10-Ocupação operadores.**

VSM	Tempo necessário (min)	Ocupação operadores (%)
Estrutura Acionamentos	322,66	69,39%
Troços	137,35	29,54%
Curvas	210,4	45,25%
	<b>Total</b>	<b>144,17%</b>

#### Equação 4.3-Tempo necessário.

$$\text{Tempo necessário} = \text{Total } x \times \text{Procura Cliente } x$$

#### Equação 4.4-Ocupação operadores.

$$\text{Ocupação operadores (\%)} = \frac{\text{Tempo necessário } x}{\text{Tempo disponível produção}}$$

Para satisfazer a procura do cliente precisaríamos de dedicar cerca de 144% do tempo disponível de produção diária como está representado na tabela 4.10. Ou seja, precisaríamos de 1,44 operadores. Como o resultado terá de ser obrigatoriamente inteiro procedendo-se ao arredondando para o inteiro superior seguinte resulta que são necessários efetivamente dois operadores afetos à operação de montagem final permanentemente de modo a suprimir as necessidades do cliente para a configuração analisada.

#### 4.6.5 Quinar

A operação de quinar é um dos problemas que foi também detetado aquando do desenho do VSM da situação atual da empresa como está representado no anexo G que mostra o tempo de ciclo das operações de quinar em comparação com as restantes operações (seta cor azul). Esta atividade representa um entrave à criação de fluxo contínuo.

A solução encontrada foi a adição de uma máquina de quinar completamente nova e automatizada visto que a atual é manual e requer a utilização de bastantes tempos de mudança e afinação por parte do operador.

Além da aquisição da nova quinadora é óbvio que a localização e a política do processo da operação quinar seguirá a metodologia *Lean* e integrará o estudo do novo *layout* fabril que será implementado nas novas instalações da empresa. Essa parte do estudo não consta no presente documento por razões temporais como foi referido anteriormente. Apesar disso e como a empresa não possuía um documento onde constasse todas as máquinas foi criada uma lista para tal efeito que pode ser consultada no anexo F.

Situação Atual



Situação Futura



Figura 4.12-Quinadora atual (esquerda) Quinadora futura (direita).

#### 4.6.6 Aplicação 5s

Nas novas instalações pretende-se aplicar a metodologia 5s. As zonas da fábrica deverão ser bem delimitadas e marcadas. Os postos de trabalho arrumados e devidamente identificados com o objectivo de proporcionar um local de trabalho agradável, seguro e eficiente.

A secção da montagem terá um carrinho móvel com as ferramentas essenciais ao processo e na parede mais próxima existirá um conjunto de ferramentas acessórias ao processo e que por isso têm menos utilização.

O manual de montagem estará sempre disponível para que os operadores não tenham qualquer dúvida no processo de montagem.

As peças necessárias à montagem existirão num supermercado móvel que ficará perto do local de montagem como ilustra a figura 4.13.

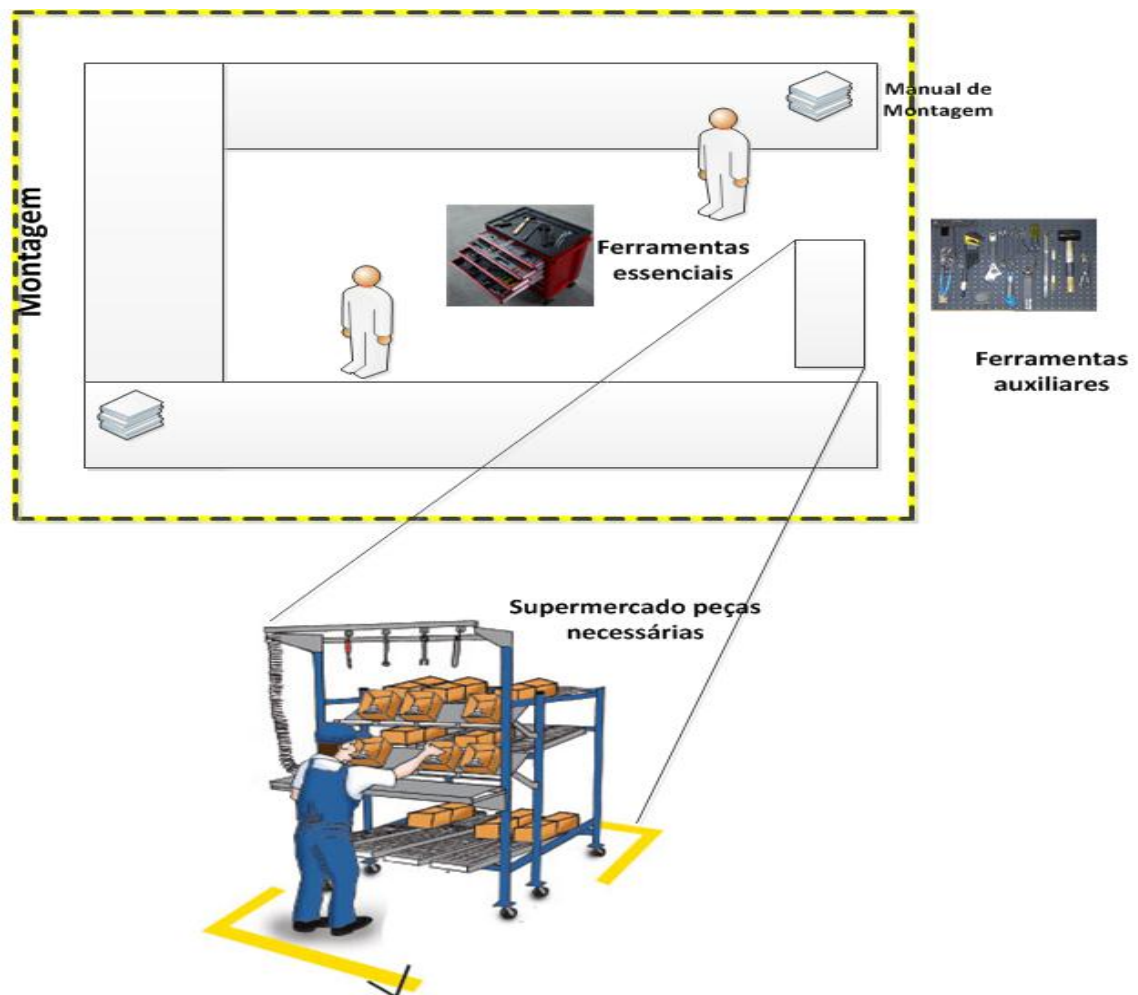


Figura 4.13- Ilustração aplicação técnicas 5S.

## 4.7 VSD

A realização do VSD foi o passo final do presente trabalho e por isso será o último tema a ser abordado no presente capítulo. O VSD pretende representar a implementação de todas as soluções anteriormente encontradas e explicitadas no documento. Serve pois como base para a realização do *layout* fabril das novas instalações da empresa.

O principal objetivo como foi referido anteriormente é a criação de fluxo contínuo e eliminação das fontes de desperdício encontradas.

A empresa possui uma organização tradicional, ou seja, a sua produção é atualmente realizada por lotes.

A filosofia *lean* defende que a implementação de soluções tão radicais deve ser gradual. Assim decidiu-se que a fábrica seria dividida em duas partes.

A primeira parte que se pode caracterizar e apelidar de Produção propriamente dita que irá alimentar os supermercados através de ordens de produção originadas de um sistema *pull* por *Kanban* e a segunda parte que seria a Montagem constituída por uma linha em “U” como foi referido e dimensionado anteriormente e que se iria realimentar desses mesmos supermercados.

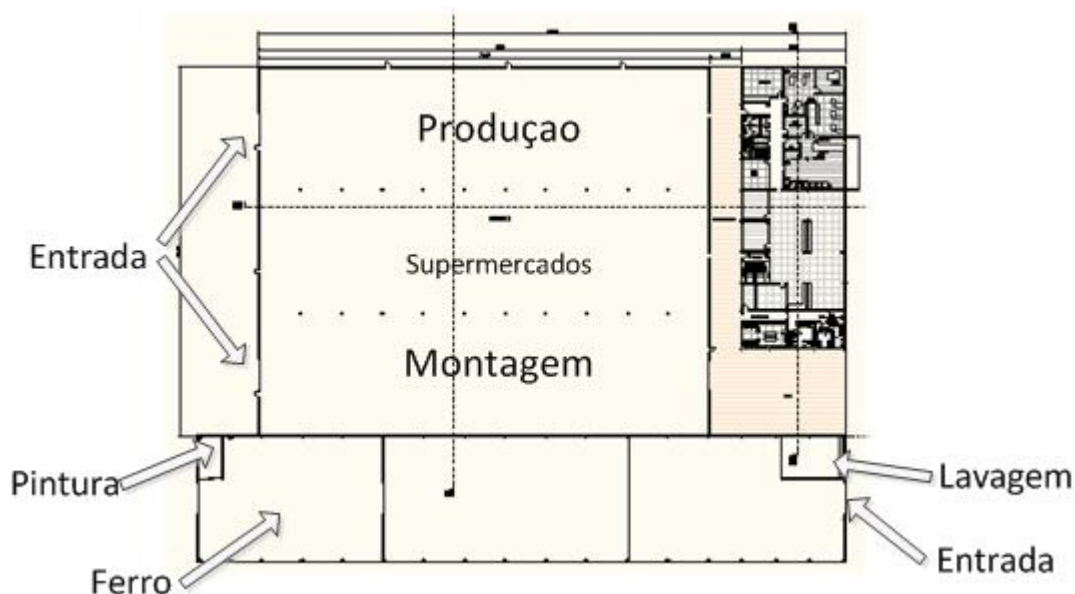


Figura 4.14-Planta das novas instalações.

A figura 4.14 representa a planta das novas instalações e permite identificar uma possível divisão da fábrica de acordo com as especificações explicitadas anteriormente. Os supermercados seriam colocados estrategicamente entre a Produção e a Montagem o que permitirá uma interligação entre os dois departamentos. A representação do fluxo de material e de informação está esquematicamente representada na figura 4.15.

A produção produz para o supermercado que irá puxar os itens que necessitar através da utilização de *Kanbans*. A montagem irá funcionar de acordo com as necessidades do



Cliente e irá informar o supermercado da necessidade de produção de itens que estejam abaixo de um *stock* de segurança que será dimensionado de acordo também com a procura do cliente e do tempo de produção a montante.

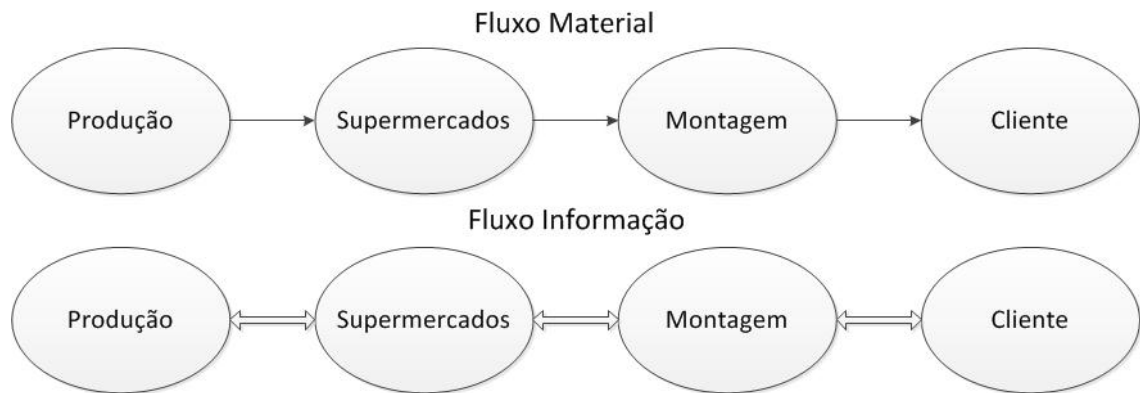


Figura 4.15-Representação do fluxo de Material e Informação da nova fábrica.

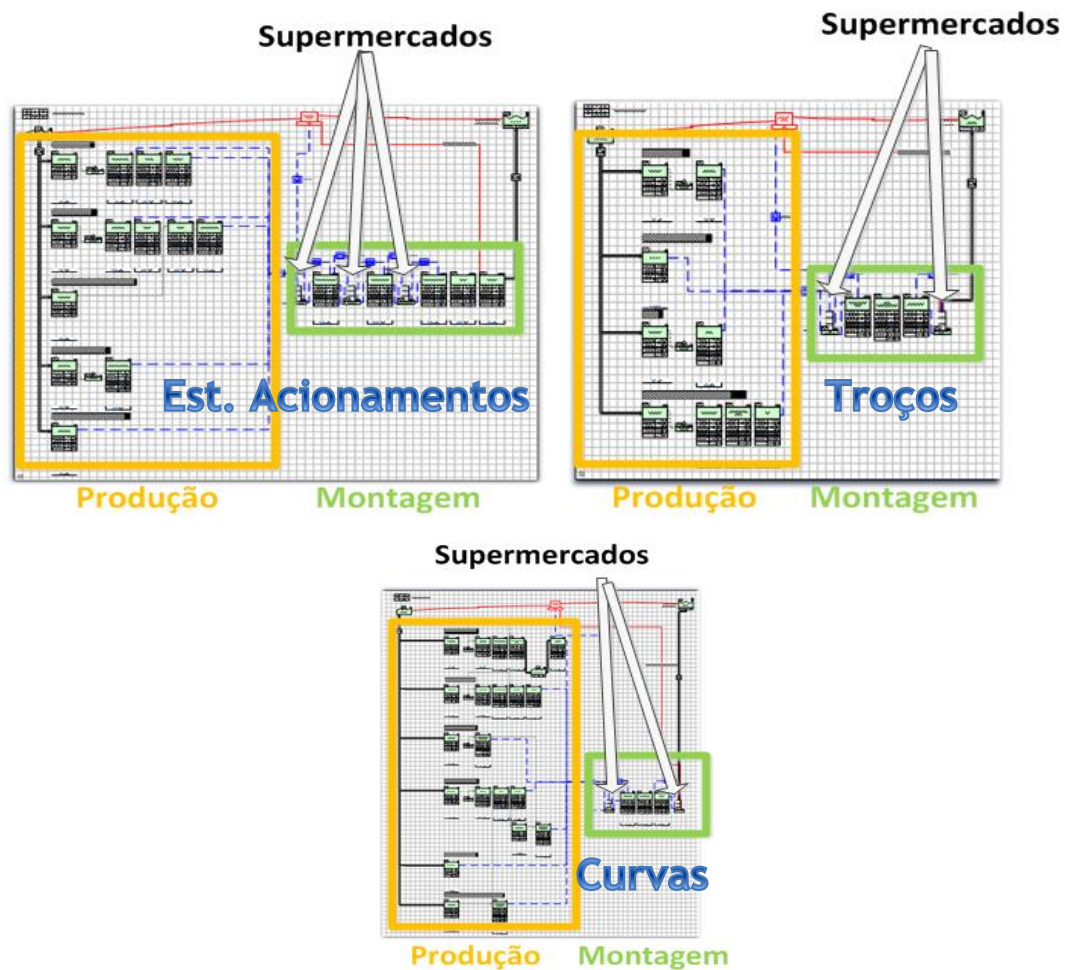


Figura 4.16-Esquema dos VSD Est. Acionamentos, Troços e Curvas.

A lógica de funcionamento dos supermercados está resumidamente ilustrada na figura 4.17. A produção representada por “Fornecedor do Supermercado” recebe um *Kanban* como o do exemplo da figura 4.18 e executa o serviço para reformecer o supermercado. O processo a jusante denominado de “Cliente do Supermercado” utiliza os itens do supermercado e quando encontra um sinal *Kanban* e envia novamente para a produção.

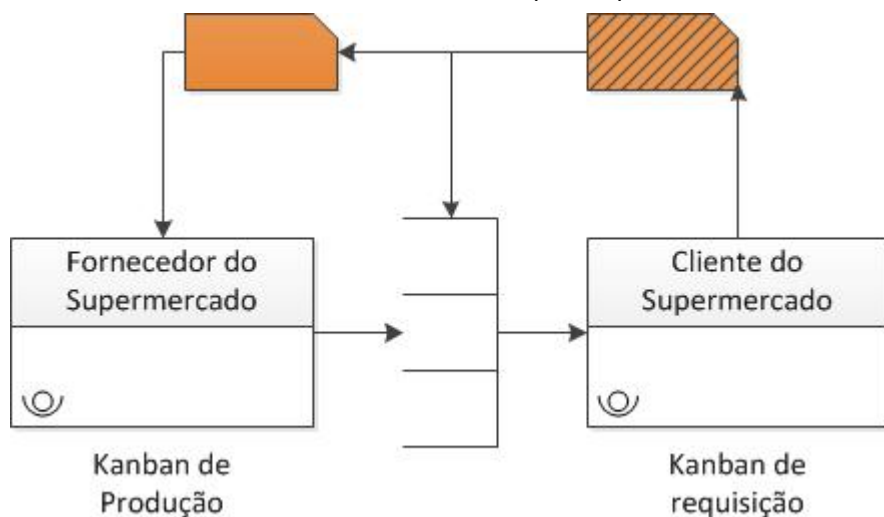


Figura 4.17-Funcionamento Supermercado.

Este ciclo é repetido vezes sem conta permitindo que o sistema se auto-regule de uma forma simples e eficaz. O supermercado pode ter várias formas. A figura 4.19 ilustra uma possível configuração.

Descrição				ID	
Acionamento JPM 023				102334	
Quantidade	5	Lead Time	5 dias	Data	12/12/12
Fornecedor	Produção 23			Data conclusão	01/01/13
Funcionário	António Martins			Localização	Rack: A23

Figura 4.18-Exemplo de um Kanban.

Os mapas VSD foram realizados tendo em conta esta nova filosofia de produção e todas as soluções encontradas anteriormente. A implementação desta nova divisão fabril está representada nos próprios mapas VSD como ilustra a figura 4.16. Os mapas VSD com o desenho do estado futuro encontram-se em formato digital, contudo pode ser consultado um pequeno excerto no anexo I.



Figura 4.19- Exemplo de um Supermercado

## 4.8 Estimativa do processo

Os resultados que se espera obter nas novas instalações da empresa estão representados na tabela 4.11. O tempo dos transportes e dos supermercados foram estimados com uma margem de segurança e representam o pior caso. Em comparação com o estado atual da empresa espera-se conseguir uma melhoria de cerca de 12% para o fabrico das estruturas dos acionamentos, 16% para os troços e 26% para as curvas.

Estes resultados representam apenas uma estimativa visto que não foi possível executar qualquer validação dos mesmos nas novas instalações da empresa porque e como foi referido anteriormente o processo de deslocalização ainda não foi concluído.

Tabela 4.11-Estimativa resultados VSD.

Análise ramal principal VSD	Estrutura Acionamentos	Troços	Curvas
Procura Cliente (Diária)	1,46	6,7	2,63
Takt Time (min)	318	69	177
Nrº Operações	10	7	8
Tempo Supermercado(min)	200	20	100
Tempo Transportes (min)	100	70	80
Lead time (min)	628,1	124,5	296
Valor Acrescentado (min)	328,1	34,5	116
Valor Acrescentado (%)	52,24%	27,71%	39,19%
Valor Acrescentado Estado Atual	40,00%	11,00%	13,00%
Melhoramento (%)	12,24%	16,71%	26,19%



# Capítulo 5

## Conclusão

Este capítulo analisa os resultados obtidos na implementação da filosofia de Produção *Lean* através de técnicas de análise da cadeia de valor numa empresa do sector dos transportadores alimentares e faz uma retrospectiva de todo o trabalho realizado. Por fim são propostos eventuais trabalhos futuros.

### 5.1 Principais conclusões

Tendo em conta tudo que foi apresentado no presente documento é possível afirmar que o resultado final é satisfatório.

Os objetivos do trabalho foram alcançados e conseguiu-se, por isso, ajudar uma empresa na reestruturação dos seus processos e na optimização da sua produção aquando da sua relocação em novas instalações.

Apesar da empresa ainda não ter efetuado a sua relocação por motivos temporais e de política interna foi conseguido criar um bom ponto de partida, bem estruturado e sustentado. A introdução de fluxo contínuo, a criação de uma linha de produção nova, assim como a eliminação dos principais *bottleneck's* do processo foram alguns dos pontos fortes conseguidos no trabalho.

O tempo disponível para o projeto nunca pode ser considerado suficiente porque este tipo de processo é contínuo e cíclico e exige bastante tempo para que se possa enraizar dentro da cultura e filosofia dos operários e gestores da empresa.

Como em todos os trabalhos *Lean* que são propostos a empresas que têm os seus próprios métodos de trabalho e não estão habituadas á mudança existiu uma barreira que penso que foi quebrada e que agora irá facilitar em muito o trabalho futuro.

A análise do VSM permitiu desenvolver os mapas da situação *AS IS* da gama de produtos selecionada assim como da situação *TO BE*. Além disso a utilização de ferramentas *lean* e a introdução de novos métodos de trabalho permitiu criar o início de um percurso estável e

organizado. A empresa está agora mais preparada e alertada para a necessidade do melhoramento contínuo.

## 5.2 Perspetivas de trabalho futuro

Devido à duração limitada da dissertação não foi possível dimensionar o supermercado assim como o *layout* da empresa sendo que por isso mesmo é o passo mais importante a ser desenvolvido no futuro. Aconselha-se ainda a aplicação do TPM ao Torno *Pinacho s90/225* e do método *Poka Yoke* na parte da montagem final do produto.

Considera-se também importante realizar uma generalização do estudo a toda a gama de produtos da empresa.

Aconselha-se a utilização do eVSM e a adaptação dos dados recolhidos num *software* novo e independente com funcionalidades adaptadas, desta forma, poderá se conseguir automatizar os mecanismos de análise de cenários. A realização da referência sobre o eVSM criada neste documento aponta para esse sentido e permite facilitar o trabalho futuro.

# Referências

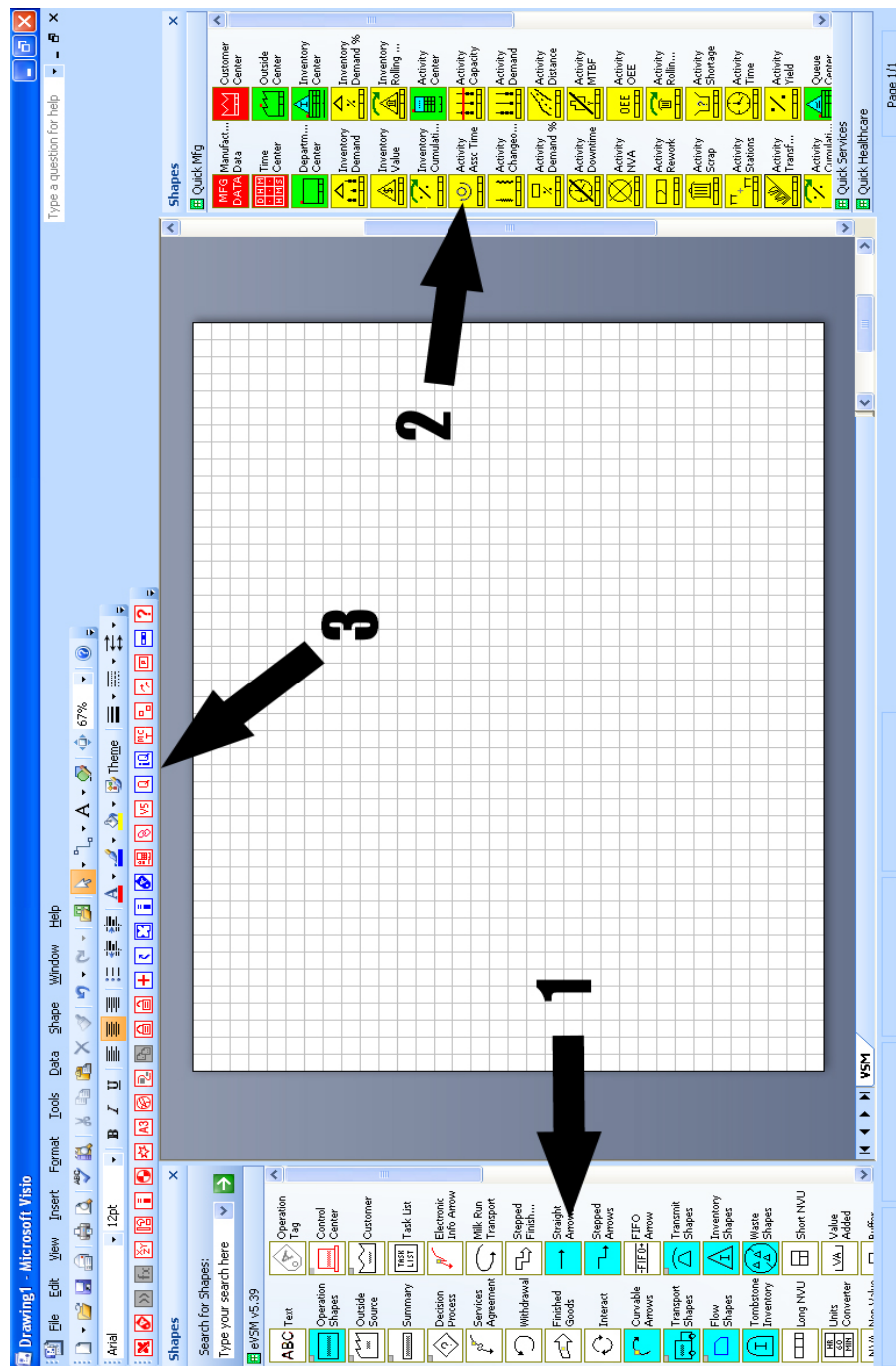
- [1] Mike Rother & John Shook "Learning to See", Version 1.4, October 2009.
- [2] Natalie J. Sayer & Bruce Williams "Lean for Dummies", Wiley Publishing, 2007.
- [3] Chet Marchwinski, John Shook & Alexis Schroeder, "Lean Lexicom", The Lean Enterprise Institute, 2008.
- [4] Mark A. Nash & Sheila R. Poling, "Mapping the total value stream", Taylor & Francis Group, 2008
- [5] Fawaz A. Abdulmaleka & Jayant Rajgopal "Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study", International journal of production economics, 2005.
- [6] Nikola Gjeldum & Ivica Veza & Bozenko Bilic "Simulation of production process reorganized with value stream mapping", 2011.
- [7] Anand Gurumurthy & Rambabu Kodali "Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation", 2010.
- [8] Lean Manufacturing. Disponível em [http://en.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)
- [9] Prof. Dr. Américo Azevedo, "Apontamentos GOPE", 2009.
- [10] Lean Manufacturing Tools. Disponível em <http://leanmanufacturingtools.org/>
- [11] Zahir Abbas N. Khaswala & Shahrukh A. Irani "Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps". Disponível em <http://www.iwse.eng.ohiostate.edu/ISEFaculty/Irani/Industrial%20Engineering%20Studies/Value%20Network%20Mapping.htm>
- [12] Romero D. IAENG & Chávez Z. IAENG "Use of Value Mapping Tools for Manufacturing Systems Redesign". Disponível em [http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011\\_pp850-854.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011_pp850-854.pdf)
- [13] Ricardo Nuno Loureiro Ribeiro "Aplicação de Técnicas de Melhoria Contínua em Processos Produtivos", 2011
- [14] Bibliografia utilizada por o eVSM- Normativas e princípios lean. Disponível em <http://www.lean.org/Bookstore/>
- [15] FMEA. Disponível em [http://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis)
- [16] Dilesh Patel, "eVSM v5 User Guide", 2009.
- [17] What is lean. Disponível em <http://www.lean.org>.
- [18] James P. Womack & Daniel Ross & Daniel T Jones, "The Machine that changed the world", Macmilkin Publishing Company, 1990.
- [19] James P. Womack & Daniel Ross, "Lean thinking", Simon & Schuster Inc, 2003.

- [20] Mike Rother and Rick Harris, "Creating continuous flow", Lean Enterprise Institute, Inc, 2001.
- [21] P. R. Olsen, W. E. Sasser & D. D. Wyckoff "Technical note five Facility Layout", Prentice Hall, 2010.
- [22] Pedro Guimarães "Lean Manufacturing - Optimização da produção numa célula de estampagem na ColepCCL", 2011.
- [23] Pedro Ramos "Implementação SMED na área de orlagem e furação na Swedwood Portugal", 2010.
- [24] Miguel Pinto "Dimensionamento de Supermercados na Indústria Kaizen Institute Consulting Group", 2008.
- [25] Produtech "Pólo das Tecnologias de Produção". Disponível em <http://www.produtech.org>
- [26] Takt Time. Disponível em [http://pt.wikipedia.org/wiki/Takt\\_Time](http://pt.wikipedia.org/wiki/Takt_Time).




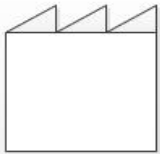
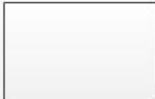





# ANEXO A









## Espaço de trabalho eVSM




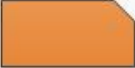


# ANEXO B

## Objetos VSM

Ícone	Nome	Descrição
	Processo	Descreve uma atividade na cadeia de valor. Vem acompanhado com dados de vários tipos como por exemplo: tempo de ciclo, tempo de setup, etc...
	Recurso exterior	Identifica os clientes e os fornecedores
	Dados	Descreve a informação que é transmitida ao longo da cadeia de valor
	Informação eletrónica	Indica que a informação é transmitida eletronicamente.
	Informação	Indica que a informação é transmitida manualmente.
	Inventário	Permite representar stocks sendo eles pertencentes a matéria prima ou produto acabado
	Movimento de material acabado	Indica o movimento de material acabado ao longo da cadeia de valor. Fornecedor para fábrica e fábrica para cliente.
	Seta Push	Indica material a ser empurrado para jusante

Ícone	Nome	Descrição
	Ver planeamento	Permite ajustar o planeamento com base no trabalho realizado no gamba.
	Kanban de levantamento	Cartão ou dispositivo que permite dar instruções para levantar o material e transferi-lo de um supermercado para um consumidor.
	Pull de material	Descreve material que é puxado por ação de um kanban.
	Operador	Indica que um ou mais operadores estão presentes no processo
	Kaizen burst	Indica a necessidade de atividade Kaizen
	Camião	Representa uma entrega/recepção externa.
	Supermercado	Existência de um supermercado
	Limitador de produtos	Permite nivelar o volume e o mixing de produtos num dado período de tempo

Ícone	Nome	Descrição
	First-in-First-out	Linha FIFO. O material que está á mais tempo sai primeiro. Permite indicar uma quantidade de tempo máximo de permanência na linha FIFO
	Posto de Kanban	Deve ser colocado onde os kanbans são recolhidos
	Inventário de segurança	Indica a presença de um inventário de segurança
	Kanban de produção	Cartão ou dispositivo que contem informações de produção.

# ANEXO C

## Exemplo Var Key Creator

- ✓ *Activity NVA* : Tempo em que não está a ser acrescentado valor numa atividade;
- ✓ *Activity NVA Per Item* : Tempo em que não está a ser acrescentado valor por item;
- ✓ *Activity Takt Time* :  $\text{Activity Takt Time} = \text{'Tempo disponível de produção por dia' / 'Procura diária do cliente'}$ . OU  $\text{'Tempo disponível de produção por dia' / ('Procura diária do cliente' * 'Porcentagem da procura do cliente/100')}$ ;
- ✓ *Activity VA Per Item* : Tempo de Ciclo por item' - ' Tempo em que não esta a ser acrescentado valor por item';
- ✓ *Associates* : Número de operários associados a uma atividade ou a um transporte;
- ✓ *Customer Daily Demand* : Procura diária do cliente. Está obrigatoriamente associada ao objeto cliente;
- ✓ *Cycle Time* : É o tempo, em média, desde o momento que uma peça passa para outro processo até que a próxima faça o mesmo;
- ✓ *Cycle Time Per Item* : Tempo de Ciclo a dividir por número de estações de trabalho;
- ✓ *Detection* : Pontuação (1 a 10) usada para pontuar a habilidade de detecção de falhas ou defeitos numa operação/máquina. Utilizado na análise FMEA;
- ✓ *Qty Per Cycle* : Número de itens que são processados numa atividade respeitando o tempo de ciclo numa única estação de trabalho;
- ✓ *Risk Priority Number* : Utilizado na análise FMEA  $\text{RPN} = \text{Occurrence Rating} * \text{Detection Rating} * \text{Severity Rating}$ ;
- ✓ *Scrap Loss Per Item* : Tempo de ciclo por item multiplicado por a taxa de defeito;
- ✓ *Scrap Percent* : Taxa de itens com defeito numa operação.

# ANEXO D

## Questões VSM

### Dados do Cliente

- Quem é o Cliente;
- Qual é a procura do mesmo;
- Dados sobre as suas encomendas;
- Predictabilidade dos seus pedidos;
- Janela temporal de entrega das suas encomendas.

### Dados do Fornecedor

- Quem é o Fornecedor;
- Com que regularidade lhe são enviados pedidos de encomendas;
- Como lhe é fornecida informação sobre as “nossas” necessidades;
- Com que regularidade são recebidas encomendas por parte do Fornecedor.

### Dados da Cadeia de Valor

- Quantos turnos existem na cadeia de valor?
- Quantas horas têm cada turno?
- Quantas pausas de trabalho existem e por quanto tempo?
- Os processos automáticos param aquando das pausas?
- Existe discussão diária sobre os problemas existentes?
- Existe algum tempo de limpeza programado durante cada turno? Qual a duração?

### Dados de controlo da Cadeia de Valor

- Como e quem controla a produção?
- Este controlo é realizado por apenas uma pessoa ou por um departamento?
- O controlo é o resultado do esforço de uma equipa/grupo de departamentos

diferentes?

- Existe algum sistema de controlo MRP ou ERP?
- São realizados relatórios de produção?
- Qual é o tempo de produção?

# ANEXO E

## Tipos de comunicação

### **Comunicação formal. Exemplos:**

- Horários/calendário de produção;
- Ordens de trabalho;
- Ordens de venda;
- Ordens de compra;
- Previsões;
- Listas de componentes;
- Logs de produção;
- Relatórios de qualidade;
- Calendários de expedição;
- Confirmações de ordens;
- Queixas de clientes.

### **Comunicação informal. Exemplos:**

- Tentativas para movimentar ordens de expedição pelo processo;
- Questionários de clientes ou fornecedores;
- Modificações em tempo-real devido á calendarização;

# ANEXO F

## Lista de máquinas

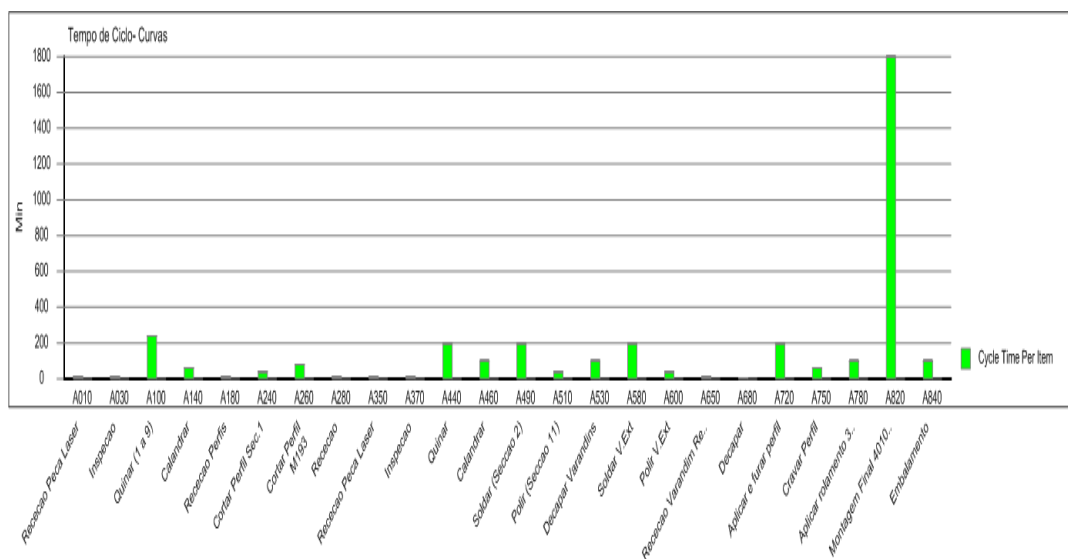
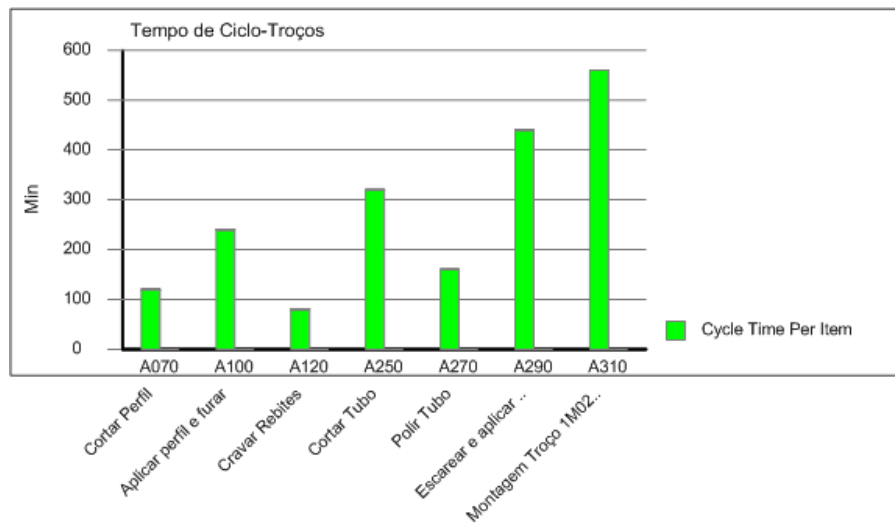
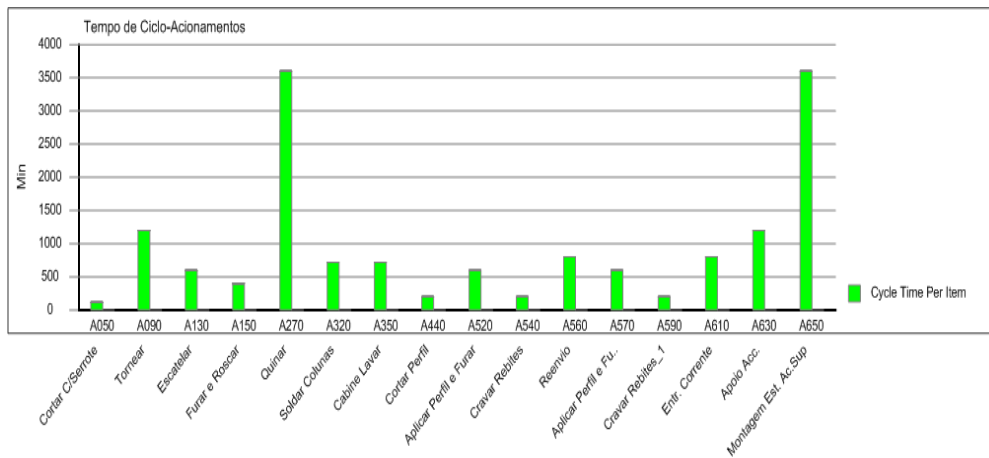
ID	Nome	Tipo	Estado
M86	Aspirador Industrial	Manutenção	Reserva
M88	Compressor	Apoio	Reserva
M89	Gerador	Apoio	Inativo
M146	Bancada cinzenta c/ torno	Apoio	Ativo
M153	Ponte rolante 10 Toneladas	Movimentação	Ativo
M166	Calandra Manual	Maquinação	Reserva
M179	Fresa	Maquinação	Ativo
M180	Máquina de aspiração de fumos	Apoio	Reserva
M194	Máquina de cortar cantos	Corte	Reserva
M197	Maquina de furar de Coluna	Maquinação	Ativo
M198	Serrote eléctrico	Corte	Ativo
M199	Serrote automático	Corte	Ativo
M200	Guilhotina	Corte	Reserva
M201	Quinadora Hidráulica	Maquinação	Ativo
M202	Freza	Maquinação	Ativo
M203	Escateladora	Maquinação	Reserva
M204	Torno Mecânico de precisão	Maquinação	Ativo
M205	Puncionadeira	Montagem	Ativo
M206	Calandra	Maquinação	Reserva
M207	Prensa	Montagem	Reserva
M208	Esmeril	Maquinação	Reserva
M209	Esmeril	Maquinação	Reserva
M210	Polidor	Acabamento	Reserva
M211	Polidor	Acabamento	Reserva
M212	Máquina de coluna e fresa	Maquinação	Ativo
M213	Máquina de cortar calha plástica	Corte	Ativo
M214	Máquina de cortar calha metálica	Corte	Ativo
M216	Torno Mecânico Semi-Automático	Maquinação	Ativo
M217	Compressor	Apoio	Reserva



ID	Nome	Tipo	Estado
M218	Máquina de coluna	Maquinação	Ativo
M219	Secador	Apoio	Inativo
M220	Esmeril	Maquinação	Ativo
M221	Secador de ciclo frigorífico	Apoio	Ativo
M260	Ponte rolante 8 Toneladas	Movimentação	Ativo
M287	Serrote eléctrico	Corte	Ativo
M288	Máquina de Afiar Fresas	Maquinação	Ativo
M307	Aspirador industrial	Manutenção	Reserva
M320	Refrigerador de Água	Apoio	Ativo
M328	Máquina de Decapar	Acabamento	Reserva
M344	Monta Cargas	Movimentação	Ativo
M428	Maquina decapar a microesferas	Acabamento	Reserva
M429	Maquina decapar granalha	Acabamento	Reserva
M430	Maquina lixadora de tubo	Acabamento	Ativo
M454	Maquina de polir	Acabamento	Reserva
M466	Máquina de enrolar tubos e perfis	Maquinação	Reserva
M507	Máquina DE POLIR	Acabamento	Reserva
M548	Maquina de soldar	Soldadura	Ativo
ME	Elevador	Movimentação	Ativo
MPP	Porta Palete	Movimentação	Ativo
MCF	Máquina coluna e fresa	Maquinação	Inativo
MQ	Quinadora CNC Adira	Maquinação	Inativo
MC	Cabine	Acabamento	Inativo
MPE	Perfil e entalhe	Corte	Inativo
MCR1	Cravar rebites 1	Montagem	Inativo
MCR2	Cravar rebites 2	Montagem	Inativo
MET	Escariar mais topos	Maquinação	Inativo
MAS	Serrote automático	Maquinação	Ativo
MPB	Polidor de Bicha	Acabamento	Ativo
M465	Máquina de Impacto	Montagem	Ativo
MCL	Calandra pequena	Maquinação	Ativo

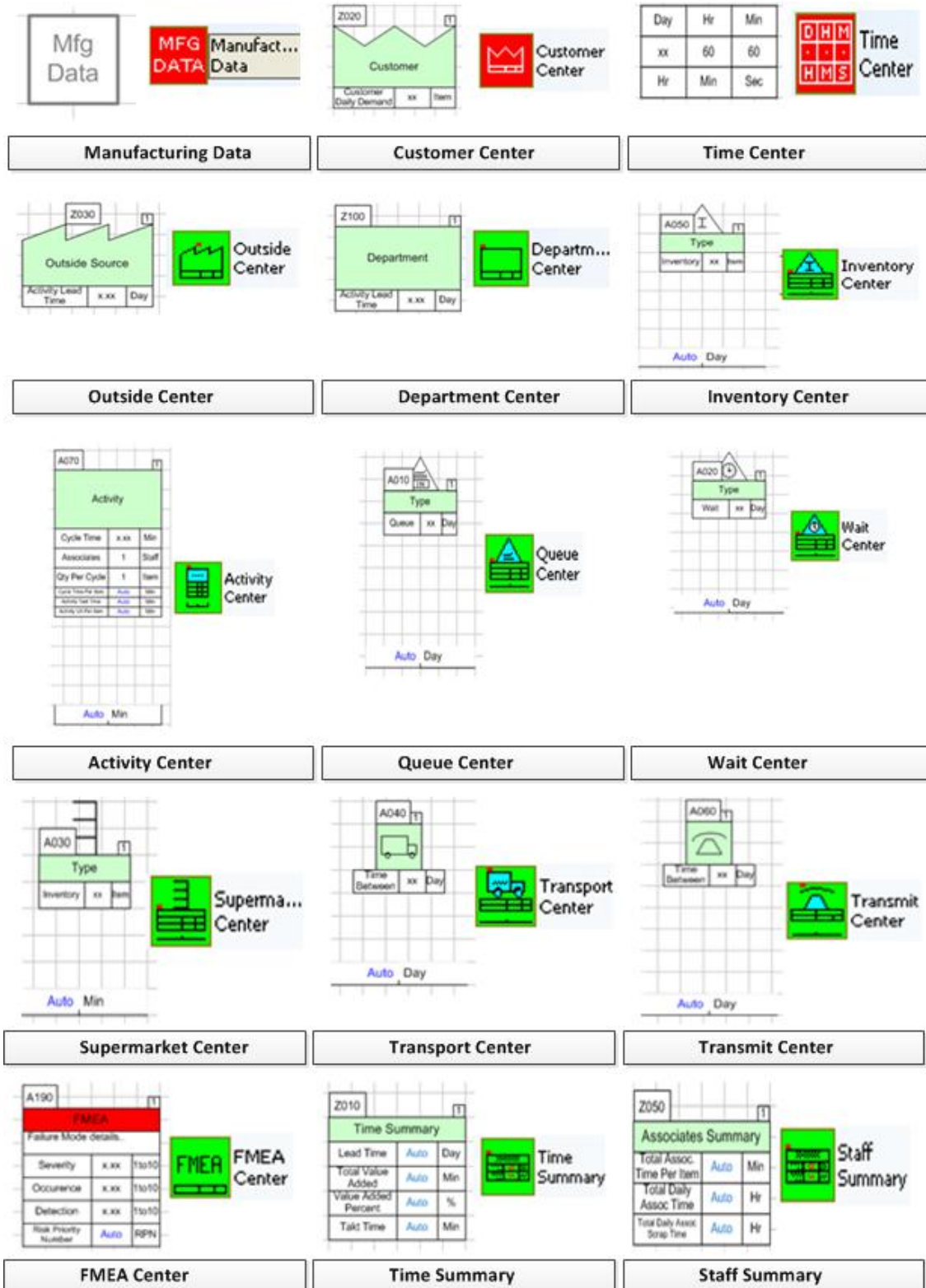
# ANEXO G

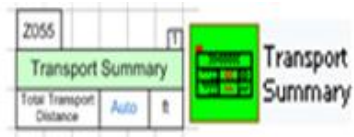
## Gráficos tempo de ciclo estado atual



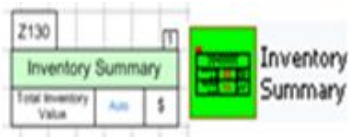
# ANEXO H

## Objetos Quick Mfg





Transport Summary



Inventory Summary



CT / TT Chart

Transport Summary

Inventory Summary

CT/TT Chart



Lead Time Chart



VA / TT Chart



Capacity / Demand...

Lead Time Chart

VA/TT Chart

C/D Chart



FMEA Chart



Key Creator



Var Key Creator

FMEA Chart

Key Creator

Var Key Creator

## Exemplo VSM/VSD

